



BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio

XXVI



Palchetto

Num.° d'ordine

36 21921

18 K. 46

NAZIONALE

B. Prov.



2366

NAPOLI

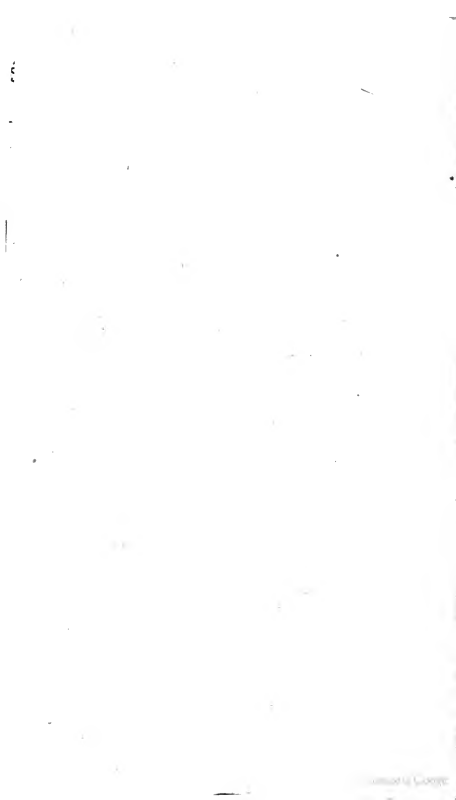
R. BIBLIOTECA

VITT. EM.

B. Prov.

I

2366



608583

ELEMENTI DI FISICA

COMPILATI PER USO DE' GIOVANI STUDENTI

DA

PASQUALE MELUCCI

VOLUME PRIMO

PROPRIETÀ, E FENOMENI, CHE PUÒ PRESENTARE LA MATERIA SOTTO
LE INFLUENZE ESCLUSIVE DELLE DUE FORZE PERMANENTI.
ATTRAZIONE, E REPULSIONE.



NAPOLI 1833
Presso SAVERIO STARITA
Strada Quercia n.º 14.

282200

A V V I S O

In fronte alle opere che escono alla luce sogliono apporsi delle dediche a persone ragguardevoli e virtuose, sia per secondare l'uso, o fomentare le ostentazioni a qualche grande, sia per rendere un dovuto omaggio al merito, al sapere, ed alla virtù. La presente ne va assolutamente sprovvista, perchè essendo di pochissimo valore, non si è saputo a chi dirigerla, stante l'obbligo, che aver debbono gli scrittori di porporzionare le di loro opere al grado ed al merito di quelli, a cui le vogliono dedicare.

Intanto l'autore di questa Fisica, seguendo l'esempio de' sublimi genii dell' antichità, che mettevano il nome de' loro amici in fronte alle opere, che pubblicavano, ha voluto ancor egli compilarne gli elementi, e dedicarli a suoi giovani amici, studenti delle scienze naturali. Giovane egli stesso, ben doveva serbar per questi una preferenza che l'età, e 'l temperamento gli dovevano necessariamente suggerire; tanto più che nemico di simili nullità letterarie, quali appunto sono le lettere dedicatorie, e non vile a segno da coltivare l'insulsa vanità de' grandi appena qualche volta meritevoli di riguardo, ha stimato di bene offrire e raccomandare la sua opera alla

4
gioventù studiosa, a quella classe cioè, che deve a giusto titolo considerarsi il fiore delle società, e del genere umano.

Se di tale avviso dunque l'autore ha cercato di dare alla sua opera quel peso, e quella estensione che conveniva all'età giovanile, ed a' veri principianti delle Scienze Naturali. Breve, chiara, ed ordinata per quanto è stato possibile, ecco le caratteristiche che l'accompagnano: la profondità e la sublimità in essa non han potuto aver luogo perchè l'autore ne era assolutamente incapace.

Questa prevenzione serve onde salvar il suddetto autore dalla disparità de' mille pensieri, che su della sua opera si susciteranno; disparità che prova, non tanto l'insufficienza dell'opera stessa, quanto l'insulsaggine o la malignità di coloro che precipitosamente emettono un'opinione, senza badare allo scopo ed alla intenzione di chi ha scritto. Del resto ognuno la pensa come la vuole: l'opera è adesso resa di pubblica ragione, e l'autore non ne attende dal pubblico che un debole compatimento. Solo apprezzerà ed accoglierà con venerazione le opinioni che si daranno da persone istruite, dotte, e virtuose; ributterà poi tutte le altre, che uomini che son polvere nella repubblica delle lettere e delle scienze, ardiranno di emettere e propagare.

NOZIONI PRELIMINARI

ALLO

STUDIO DELLA FISICA



§. I. *Idea generale della Materia, e della Forza.*

TUTTO ciò che presenta estensione e figura, e manifesta resistenza o moto a' sensi che affetta; tutto ciò che con un'azione qualunque palesa la sua presenza, e può nelle sue trasformazioni cagionar de' fenomeni . . . , è da noi detta *Materia*; cosicchè e corpi che ci circondano, e Soli e Globi componenti l'universo, non sono che materia divisa in parti quì picciole, là grandi, e sempre secondo quella misura, che 'l meccanismo, e l'ordine mondiale ammetteva (1).

Un velo impenetrabile ce ne asconde la natura; e gli sforzi che finora sono stati tentati ben ci convincono a decidere, che sempre un bujo eterno essa sarà per noi. Solo sappiamo però, che se la gran macchina del Mondo, di cui essa è il vero componente non ci appalesa ne' suoi gran massi che un moto perenne e regolare, che se questi massi stessi non presentano che varietà di effetti, e di cose, e non sono le cose stesse per noi altro che azione, noi dobbiamo persuaderci e convincerci, che la materia

(1) La definizione data della materia non è rigorosamente giusta; Egli è certo; dice Pelletan, che in molti casi i nostri sensi sono in rapporto coi corpi senza esserne affetti, mentrecchè dall'altra parte noi siamo suscettibili di provare delle vive sensazioni in assenza del corpo che sembra produrle. Si troverà dunque più esatto il dire, conchiude quel dotto, che si deve nomar corpo tutto ciò che ubbidisce all'attrazione.

sia in continuato movimento, e che per questo movimento la materia armonizzata potè costituire la Natura, ossia l'universo.

Quando dunque osserviamo nella materia cambiamenti continui, trasformazioni interminabili, e maniere di agire varie e moltissime; quando tutto par ch'essa non sia che distruzione, e creazione di cose, e la vita in essa succede alla morte, come la morte alla vita, noi non dobbiamo ripetere tante cose e tante varietà che da quel movimento il quale accompagna inseparabilmente la materia, e che rende stabile e permanente la gioventù della natura. Ond'è che se lumi meglio basati e diretti non ci fossero venuti ad ispirare cognizioni più sode, e più giuste, noi saremmo indotti ad opinare come opinano i filosofi moderni. Che la materia per ciò solo che ha movimento ed azione deve goder d'una vita, e che di questa infiniti gradi deve provare nelle diverse cose incominciando dagli ordini inferiori fino a' più perfetti; e che dippiù essendo quei movimenti, e quelle azioni determinati dalle impressioni, dalle circostanze, e da altre infinite condizioni, la vita dunque che alla materia deve competere non dev'essere che Animale, e sensuale: cosicchè secondo Essi, Minerali, Vegetabili, ed Animali non sono più che quali forme passeggerie della materia, su cui risplende successivamente il raggio della vita; ed essa stessa non più che un tipo ideale, *una sostanza unica*, di cui le infinite trasformazioni e forme diverse noi osserviamo ne' corpi che ci circondano.

2. L'azione riconosciuta nella materia ci ha fatto in questa supporre una forza capace a produrla; ma che cosa sia questa forza, l'osservazione ha taciuta finora; e forse essa non sarà, che un puro nome destinato affin di presentare con fedeltà i risultamenti, o prepararne una spiegazione soddisfacente. Ma comunque ciò sia, è d'uopo però che si rifletta, che se l'azione accompagna la materia, e diciamo esser la forza vera causa di quella, già dobbiam conchiudere che la forza deve essere inerente alla materia, sembrandoci un poco strana l'opinione di coloro, che ripetono la causa prima delle operazioni della materia in agenti ad essa estranei, e diversi.

Se siano poi una o più forze quelle che regolano nella natura le operazioni svariate, e molteplici, noi ne

sappiamo niente di positivo. Sarebbe egli è vero un pensier troppo felice il dire che gravità, affinità, eccitabilità . . . non sono che una ed identica forza, e che la natura mondiale avesse quasi un' *Anima universale*, come stimavano i dotti dell' antichità. Solo è da deplorare però che i savii moderni, o almeno i più arditi e stravolti, avendo gittati i loro sguardi su di un tale delicatissimo particolare, essi falsamente hanno creduto di vedere cioèchè affatto non v' ha. Quando essi cercar vollero la tendenza che aveva la materia all' organizzazione, la sensibilità cui l' organizzazione in parte determina, e la vita la quale non è che l' esercizio e l' impiego regolare dell' una, e dell' altra, essi non videro sulle prime che un naturale avvicinamento, cui le particelle della materia avevano fra loro; e che tutte le leggi meccaniche sian quelle le quali determinano la strada de' proiettili, sian quelle a cui il calcolo e l' osservazione hanno sottoposti gl' immensi massi dell' universo, non dipendano direttamente che da quel primo fatto generale. Inoltre eglino si crederono d' osservare che quasi elettivo è quell' avvicinamento, cioè quell' attrazione, nella cristallizzazione di alcuni corpi, che questa elezione era più estesa nelle combinazioni de' vegetabili, e sempreppù s' avanzava a divenir massima in quella degli Animali: cioèchè avendo sognata una grande analogia fra la sensibilità animale, fra l' istinto delle piante, fra le affinità chimiche, e la semplice attrazione generale, conchiusero, che una era la forza che produceva tutte tali cose; e che questa forza era o un *istinto generale* inerente a tutte le parti della materia, e che vaghissimo nell' ultimo grado si va sviluppando a poco a poco secondo i gradi che percorre fino ad elevarsi alle meraviglie più ammirate del sentimento, e dell' intelligenza; o un' *attrazione generale*, la quale esercitando la sua azione sopra i primitivi elementi della materia, determina immediatamente a delle leggi la primiera riunione, che può fare, e quindi quell' altra che ne può sorgere; e così di seguito fino all' infinito.

3. Noi crediamo inutile di tener dietro a tali idee; cui ogni ragione abbatte, e confuta; ma vogliamo solamente prevenire i giovani delle funeste deduzioni, che da esse possono risultare; affinchè conoscendo il veleno, che loro si para d' avanti, sappiano evitarlo a tempo

proprio, ed opportuno. Tali conseguenze possono essere le seguenti :

1. Se una è la materia, ossia se unica è la sostanza che compone l'universo, ed unica la forza che lo anima, dunque questo universo non è da considerarsi che quale *immenso essere vivente*, il quale vive ed agisce in tutte le sue parti, e soprattutto negli Animali, e negli Uomini.

2. Se in tutt' i corpi v'è forza ed azione, variando peraltro secondo gli ordini, e le classi a cui appartengono : Se tutti han movimenti, o almeno la tendenza al moto . . . , egli è impossibile dunque ammettere quella distinzione fatta della materia da alcuni filosofi in materia *viva*, ed in materia *morta*.

3. Se elementi inorganici si combinano, e producono differenti corpi organizzati ; se le parti tutte delle piante non debbono il loro accrescimento che all'assorbimento continuato, che esse fanno della Luce, dell'Ossigeno, dell'Idrogeno, del Carbonio ; se le parti animali non risultano che da' medesimi principj sottoposti peraltro ad un progressivo stato di elaborizzazione vitale ; e se finalmente dalla materia che incomincia ad avere una qualche animalizzazione dietro le numerose trasformazioni, che ha dovuto subire, si vedono sortir vermini, ed animali con tutt' i distintivi del sentimento..... Ella dev'esser dunque fantastica e senza fondamento quell'altra distinzione fatta della materia da altri filosofi, in materia *organizzata*, ed in materia *inorganica*. Anzi questi fatti nel mentre che portano a credere che la materia sia suscettibile di ogni modo dell'organizzazione, ci fanno ancora riflettere, e conoscere, che la vita è sparsa da per tutto, e che dietro talune condizioni, la materia che era capace di organizzarsi e di vivere, addiventa ancora suscettibile di sentimento ; in modocchè organizzazione, vita, e sentimento ; sono tre proprietà inseparabili, ed intrinseche della materia.

4. Finalmente siccome essi conoscevano la varietà reale, che fra gli elementi chimici della materia esiste, varietà che non troppo s'accordava coll'*unica sostanza* chiamata materia, così essi hanno creduto, che quella sostanza unica non sia essa stessa che il complesso, ove in armonia ed in ordine tali elementi si uniscono, e che tutti gli

altri corpi da essi chiamati trasformazioni, o forme della materia prima, non essere che questa istessa materia, ove il predominio esiste di alcuni elementi sopra degli altri.

Di tutto ciò che ho detto in questo paragrafo è necessario dunque tenere a memoria solamente, cioè che abbiamo detto della definizione, del moto, e forza della materia. Quel tutt'altro che si è scritto, è servito per far conoscere le opinioni emesse da filosofi su di tali particolari, opinioni, che noi rifiutiamo, e condanniamo.

De' varii stati, sotto de' quali la Materia si mostra in tutti gli Esseri che compone.

4. Interminabile è quasi la varietà degli Esseri che osserviamo in Natura e la nostra immaginazione ne succumbe anche quando ci restringiamo a mirare quegli Esseri capaci soltanto ad affettare la nostra vista: quà difatti Esseri si osservano inalterabili come la semplicità della loro composizione, e che crescono per la sola sovrapposizione di parti: là degli altri ove la regolarità delle forme primitive è fissa e costante e l'attrazione accorsavi a produrli è stata quasi elettiva: qui finalmente Esseri organizzati l'ammirano sian dessi Vegetali, sian Animal, senza che mai la perfezione della Natura si degradi in alcuna parte; poichè è nostro pensiero che ogni essere, ed anche ogni minima operazione che avviene è tanto ammirabile e prodigiosa, quanto è l'Essere migliore che nell'universo conosciamo, quant'è il sistema stesso dell'universo.

In tutti questi Esseri però, nonchè nelle parti che li compongono, la materia vi esiste sotto tre differenti stati, v'è nello stato solido quando per distruggere lo stato di aggregazione, esistente fra le sue particelle, si richiede uno sforzo assai sensibile, e notevole: v'è nello stato di *liquidità* e di *fluidità* quando le sue particelle sono estremamente separabili, cedendo immediatamente a qualunque potenza: v'è finalmente nello stato di fluido *elastico* o di *gas* quando una repulsione costante evvi fra le sue parti, ed anzicchè impiegarsi una forza onde separarle, fa d'uopo che s'impieghi onde trattenerle. A questi tre stati possiamo aggiungere il quarto, come hanno fatto tutti gli altri Fisici: questi a fin di

rappresentar la causa incognita nella sua natura, de' fenomeni appartenenti al Calorico, alla Luce, ed all'Eletticismo, supposero ne' corpi l'esistenza di alcuni fluidi; i quali potevano liberamente penetrare da un corpo in un altro e che avevano per i diversi corpi delle affinità diverse; e le di cui particelle perchè estremamente sottili, e che quantunque riunite in numero infinito non formavano giammai peso, furon detti *fluidi imponderabili*.

Nell'esposizione da noi fatta de' diversi stati della materia non s'iam rimontati alla causa primiera che li possa produrre; e nè questa causa stessa per noi può consistere, che in una ipotesi valevole se non per altro a riunire tanti differenti effetti; che osserviamo nella Natura. Questa ipotesi è che nelle particelle della materia esiste inerente una forza che tende sempre a riunirle fra loro; e che nel tempo istesso un'altra ve ne ha, che produce l'effetto opposto, cioè che tende a separarle (1); che queste due forze una detta d'*attrazione* e l'altra di *repulsione* sono come due principii, che sempre combattendo fra loro, e risultando or l'uno or l'altro vincitore o vinto, e qualche volta i risultati, essendo eguali, producono l'ordine ammirabile della natura nella varietà delle cose, e nelle continuate trasformazioni della materia, ove esse assolutamente presiedono: cosicchè quando l'attrazione è al disopra dell'altra forza detta di repulsione ne avviene uno stato d'aggregazione che per essere distrutto si richiede uno sforzo; e'l corpo in cui tale circostanza osservasi è detto *solido*; quando poi fra le forze v'è equilibrio, e lo stato perciò d'aggregazione non oppone verun sensibile sforzo ad esser distrutto, il corpo in cui tale altra circostanza si osserva è chiamato *fluido* o *liquido* e quando finalmente il principio repulsivo guadagna il di sopra è nello stato aeriforme, ossia il fluido *elastico*.

Comunque però tali teorie o supposizioni vogliansi ammettere, s'iam sempre nel dovere di prevenire il lettore

(1) Questa forza che noi qui chiamiamo di repulsione, non è che il Calorico. Il Calorico non è che un fluido imponderabile, il di cui effetto è sempre quello di fare allontanare le parti, nelle quali è desso inerente. Quindi non è assolutamente forza come l'attrazione, ma una sostanza la quale è capace del fenomeno della repulsione. L'unità dunque della forza può sussistere ancora.

che l'esposizione dettagliata delle proprietà che faremo della materia, e l'analisi che stabiliremo su' varii corpi della Natura sian solidi, sian liquidi, sian aeriformi dilucideranno la dottrina in modo specioso, e ciò che ora sembrerà fantastico, ed ipotetico, apparirà fondato, e sommamente ammissibile colla spiegazione de' fenomeni.

Delle proprietà della materia in generale.

5. Se la conoscenza della materia nella sua intrinseca natura è per noi impossibile, convien dunque concludere che essa per noi non è altro che l'assieme di tutti i prodotti o effetti che dà fuori di tutti i varii modi secondo cui agisce, e delle condizioni, sotto le quali a noi si presenta. Sono questi varii modi d'agire, sono queste condizioni, sono quegli effetti stessi che noi chiamiamo *proprietà* della materia; ond'è che la sola conoscenza di queste deve formar tutta la materia per noi, essendo, come abbiain detto, impossibile il ravvisarne la sua natura. Ma giammai ne potremmo con ordine, e chiarezza esporre il numero, e la di loro genealogia se prima non partissimo da una idea fondamentale, dal modo cioè come la materia abbia potuto esistere per noi. A questo oggetto sarà pregio dell'opera citare due sistemi entrambi in uso presso le nazioni colte e che amendue possono guidarci alla spiegazione abbreviata e semplice delle produzioni naturali, non che a quella che può illuminarci sull'origine primiera delle proprietà. Alcuni Fisici, soprattutto i Germani considerano i corpi come uno spazio riempito continuamente di materia essenzialmente, e sommamente dilatabile, e compressibile; cosicchè secondo essi la porosità ne' corpi non è che una proprietà accidentale; ed il di loro stato particolare non dipende che da certe forze attrattive, e repulsive: ammettono inoltre l'esistenza di tante sostanze semplici, dalla combinazione delle quali i corpi risultano, e ne spiegano tutte le varietà materiali. Questo sistema è chiamato *Dinamico*, e considera la materia prima come una *quantità continua*. Ma l'idea di questa quantità continua che affatto non esiste in natura, avendo fatto ributtare presso alcuni Fisici il sistema esposto, si venne all'escogitazione di un altro più intelligibile certamente e forse ancora un poco più capace a

somministrare a' fenomeni naturali spiegazioni soddisfacenti. In questo secondo sistema appellato degli *Atomi* si diceva che tutti i corpi formati di particelle indivisibili, ed impenetrabili dette esse stesse *Atomi*, ossia incapaci ad esser divise; e che queste particelle strette fra loro da una forza chiamata *attrattiva*, venivano nel tempo stesso mantenute fra loro ad una data distanza da una altra forza detta di *ripulsione*. Secondo questo sistema abbracciato soprattutto da famosi Fisici della Francia, convenien conchiudere, che la porosità e le due forze sieno essenziali alla materia; che il volume de' corpi non dipende che da' rapporti di queste forze e che tutte finalmente le di loro materiali differenze non provengono che da quelle degli *Atomi* sia nella di loro grandezza, sia nella di loro forma, sia nella di loro posizione, o distanza.

Quantunque sia pur troppo vero, che qualunque di questi sistemi si adotti, noi saremo sempre alla portata e di conoscere la materia ne' suoi risultati, e nelle sue proprietà, e di studiare gli uni e l'altre nella di loro spiegazione, pure quello degli *Atomi* sarà da noi prescelto, e nell'enumerazione e spiegazione delle sudette proprietà non avremo che ad esso solo rivolta la nostra mente.

6. Dacchè un corpo si creda esistente, già si deve conchiudere, che occupi un dato spazio; ossia che è *esteso*, qualunque per altro sia la forma sotto di cui si presenta: anzi questo stesso spazio non potendo venire occupato contemporaneamente da un'altro corpo, senz'alcuno di essi non si distrugga, convien riconoscere ne' corpi una forza, in virtù della quale essi si repellano a vicenda, e questo fatto, ossia questa proprietà si dice *impenetrabilità*. I corpi inoltre sono composti di parti, quindi capaci di *divisione*; e potendo finalmente cambiar luoghi andando ora in un sito ora in un'altro si dice che essi sono *mobili*.

Dunque l'estensione l'impenetrabilità, la divisibilità, e la mobilità sono le quattro condizioni comuni o le quattro proprietà che hanno tutt' i corpi, proprietà che noi potremo considerare essenzialissime alla materia, poichè oltrechè si presentano senza eccezione alcuna alla nostra osservazione, sono poi per la materia di una ne-

cessità sì assoluta, che la materia stessa per noi da altro non risulta, che da queste quattro proprietà che ce la creano e ce la formano. Il signor Biot restringe alle due prime l'epiteto di proprietà essenziali, poichè quantunque la mobilità, e la divisibilità siano ancora inerentissime a' corpi considerati come semplici riunioni di particelle materiali, pure la prima può considerarsi non più che quale indifferenza al moto, e la seconda tutta dipendente dall'estensione.

Oltre di queste proprietà l'osservazione, e l'esperienza ci hanno fatto riconoscere ne' corpi dell'altre proprietà, delle quali la materia se ne potrebbe considerare di senza, ma che per altro sono comuni a tutti i corpi; tale sarebbe la *porosità*: questa sebbene secondo il sistema da noi adottato sarebbe essenziale alla materia, pure potendo con un concetto puramente mattematico idearsi la materia senza interstizii, ossia pori fra le sue particelle, è perciò che da noi si considera come proprietà generale della materia, e non mica come essenziale.

Molte altre proprietà della materia finalmente non dipendono che da' suoi stati, e dalle circostanze in cui può trovarsi costituita; tali sarebbero la *dilatabilità*, la *elasticità*, la *duttilità*. . . sono queste proprietà chiamate *particolari*.

Se troppo superficiale è stato il quadro da noi fatto delle proprietà della materia, è provenuto ciò dal perchè nello stato presente delle nostre lezioni, non si hanno que' lumi necessarii ad un dettagliamento più esteso e più profondo delle cose, di cui si parla. Ma a proporzione che ci avvanzeremo nello studio della scienza le tenebre si andranno a diradare, e la verità per noi apperirà in tutto il suo chiarore.

Dello spazio in generale.

7. Se voi fate astrazione de' corpi tutti dell'universo, voi avrete lo spazio che si dirà *assoluto* a differenza di quell'altro, in cui ciascun corpo, o l'assieme di tutti i corpi si contiene, e che si chiama *spazio relativo*, o *estensione*.

Lo spazio assoluto è eterno ed infinito, cioè senza limiti che lo circoscrivono: in esso vi sono tutt'i mondi

esistenti senz'acchè giammai venga ad essere riempito, e terminato; e sembra non esistere, e non aver esistito nel bujo seno de' secoli se non per essere il recettacolo, e quasi il continente universale di tutto ciò che miriamo e che esiste lungi da noi; poichè ogn' altra supposizione convien dire che sia assurda, essendo assolutamente impossibile che uno spazio sì immenso abbia potuto esistere senza non aver giammai contenuti in se milioni di mondi, i quali a varie epoche e riprese siano venuti successivamente a prestar sempre nuovo fonte di meraviglie, e di stupore a quegli Esseri capaci di comprenderne le bellezze, e di studiarne gli effetti. Anzi se questo spazio è immenso, l'universo per quanto si voglia interminabile e grande non è che un punto inconcepibile relativamente all' infinito; e se l' esistere in un sol punto inconcepibile dello spazio una qualche cosa non significa che lo spazio sia riempito, e che al suo scopo soddisfaccia, ma che anzi ce lo dobbiamo considerar sì nudo, e sprovvisto, come se nulla affatto esistesse, così dobbiam concludere, che se questo spazio è immenso, se da per tutto è desso il recettacolo de' mondi, e se ogui universo finito è per lo spazio un punto mattematico, l' assieme di tutti i mondi, ossia l' universo totale non dev' esser che puranche immenso, e senza termine.

Ma se questo spazio è sì pieno di mondi può esso contenere de' luoghi *vuoti assolutamente* di materia? O è tutto assolutamente pieno? Il Neuton osservando che il pieno assoluto non poteva conciliarsi col cammino dei corpi celesti, i quali si sarebbero andati sempre più scemando nella di loro velocità; e che il moto secondo l' A- lembert sarebbe stata la cosa più difficile a concepirsi, cosicchè si sarebbe uno meglio trovato a negare l' esistenza, che a definirne la Natura, fu il *pieno* bandito dalle scuole, e più vuoti assoluti essi s' ammisero nell' universo e ne' corpi. Ma Cartesio opinando che tutte le parti della macchina mondiale erano incatenate fra loro in modo, che in niun luogo ne andava il meccanismo ad interrompersi, e che fisicamente solo la materia agir poteva sulla materia si proclamò qual sostenitore del *pieno assoluto*, ed una qualche cosa andò escogitando, la quale avesse potuto riempir tutti gli spazii, e incatenar fra loro le parti dell' universo. Per giungere ad un tanto scopo,

egli immaginò collocarsi a fianco dell' Altissimo nel tempo della stupenda creazione. Egli non vide che un ammasso immenso di materia primitiva divisa in tanti piccioli cubi dalla mano stessa di colui che l'aveva tratta dal nulla. Un moto violentissimo impresso a questi, li fece urtare, infrangere, e stritolare. In virtù di questo enorme fregamento i cubi si ritondarono, gli angoli de' cubi, non diedero che tanti rozzi frantumi, ed un polverio finissimo si produsse in conseguenza di tanta rivoluzione. La materia più sottile formata da questo polverio si precipitò verso i centri a formarvi i soli; i frantumi furon rigettati verso le circonferenze a comporre l'immensa schiera de' corpi opachi, ed i cubi ritondati vennero ad occupare i luoghi dell'atmosfera, e le azzurre volte del firmamento. Il polverio destinato alla formazione de' corpi luminosi, riempì ancora tutt' i vuoti; si precipitò ne' più remoti angoli dell' universo, occupò tutto, tutto riempì di se stesso; e finanche i più piccoli interstizii della materia sedussero l'avidità del suo dominio.

Quale cosa asseriremo ora del *vuoto* assoluto di Newton, e del *pieno* di Cartesio? Quello si trova escluso dalla presenza d' un fluido qualunque necessario alla spiegazione de' fenomeni del calorico, della luce, dell' elettività, del magnetismo, a quella dell' incatenamento universale degli esseri che compongono i mondi, e dell' influenza che i corpi spiegansi a vicenda anche a distanze incalcolabili: cosicchè lo spazio che ci circonda dev' essere occupato da uno, o più fluidi sottili incoercibili, eterni, che non presentando veruno ostacolo al corso de' pianeti influiscono solo all' armonia dell' universo, ed alla produzione de' tanti variati fenomeni. E nè quest' opinione, che noi adottiamo è sì nuova da recar meraviglia a chi l' ascolta, poichè quell' etere ammesso da' Greci, *il fuoco sottile de' Caldei*, l' elemento puro ed inalterabile, il principio attivo e vificante della Natura, la materia Celeste . . . riconosciuta da tutti i grandi maestri dell' antichità, non fu che quell' istesso fluido cui noi ammettiamo, e che Nenton stesso, seguendo in ciò le tracce degli antichi non pretese elimiar dallo spazio immenso. Onde è che essendo difficile negar l' esistenza di quest' etere, noi rimettiamo coloro che pretendono di negarlo, ed abjurarlo all' osservazione attenta de' fenomeni, perchè là

solamente potranno leggere a chiare note i loro delirii e la loro condanna, riserbando a noi solamente il pensiero d'ammirar quei grand' uomini, che ad onta che vivessero ne' cieli poveri di Talete ed Ipparco aveano avuto l'ardimento portentoso di sublimarsi sopra se stessi, e riconoscere ne' voli inconcepibili della di lor mente quell'etere, che dev'essere l'elemento il più ammirabile dell'universo.

Il pieno poi assoluto di Cartesio non era nato che nei suoi vortici; e quantunque il suo sistema, avesse per qualche tempo spiegato il giro de' pianeti, e l'ordine dell'universo; pure perchè aveva sbagliato a fondarlo, credendo *inflessibili* e *perfettamente contigue* le parti di quel polyerio, esso restò come schiacciato dalla sua stessa grandezza, e non risorse, se non quando corretto, e modificato da Eulero, e da Eugenio, servì poi di spiegazione a moltissimi nuovi fenomeni osservati da Fresnel, da Young, e da non pochi altri famosi Fisici moderni. Quel polverio si nomò etere da Eulero; e così l'antichissima opinione de' Caldei non rivisse che per poco quando Cartesio folleggiava ne' suoi sistemi, per risorgere poi in tutta la sua pienezza qual pianta che germoglia dietro il seme sepolto nella terra; noi ritorneremo su di questi punti perchè serviranno al nuovo sistema dell'ondulazioni cui noi spiegheremo nel volume secondo, e che a' fenomeni del calorico della luce, dell'elettricismo, e del magnetismo, i Fisici moderni progrediscono ad applicare.

Conchiuderemo qui dunque: che lo spazio è senza limiti « che l'universo stesso ammetter non deve » e che un etere estremamente sottile deve occupar intieramente questo spazio, incatenar le parti di quest'universo, e produrre ne' suoi giochi e modi d'agire i fenomeni che ammiriamo.

Nozioni sulla scienza fisica propriamente detta.

8. La scienza fisica non significa nel suo senso etimologico, che *Scienza della Natura*, ond'è che dovrebbe essere sì immensa, quanto per noi immensa è la Natura stessa, sotto del quale nome s'è uso esprimere non solo i risultamenti delle leggi alle quali va l'universo

sottoposto ; ina ancora gli esseri tutti che lo compongono. Dovrebbero perciò formar oggetti , e parti delle sue teorie ed i corpi che popolano i cieli , e ne riempiono gli spazii ; ed i fenomeni che accadono nell'atmosfera con tutti i movimenti a cui va questa continuamente soggetta ; e l'osservazione , e conoscenza di tutti i corpi terrestri , o per vederne le rivoluzioni e gli effetti che manifestano nell'abbagliante superficie del Globo , o per contemplarne , e svilupparne gli arcani ; e le cause produttrici delle tante loro variate trasformazioni. Ma fortunatamente gli esseri , ed i fenomeni essendosi potuto presentare sotto diversi aspetti , e la natura essendo stata divisa in tanti regni o parti separate ; così della scienza della natura si sono fatte varie divisioni , le quali tutte si possono ridurre alle tre Fisica , Chimica , e Storia Naturale.

La Fisica considerata nella più ampia estensione abbraccia la conoscenza di tutti i corpi inorganici che si possono da noi osservare , i fenomeni che possono produrre le forze che li animano e le leggi che ne regolano l'impiego e l'esercizio : ond'è che possono considerarsi come suoi rami essenziali. 1.^o Lo studio de' corpi che popolano gli spazii celesti , quello delle loro situazioni rispettive , movimenti . . . ec. Studio che costituisce l'*Astronomia*. 2. Lo studio di tutto ciò che riguarda il globo terrestre particolarmente , ossia la *Geografia* , e l'*Idrografia*. 3. Lo studio de' fenomeni che accadono nell'Atmosfera , delle sue modificazioni , cangiamenti , .ec. ossia la *Meteorologia*. 4. Quello finalmente che può riguardare lo stato delle forze , sia per produrre un equilibrio ne' corpi , sia per produrre un movimento , ossia la *Mecchanica*.

La Fisica poi considerata sotto i limiti che si deve da noi studiare non riguarda che le proprietà generali della materia sotto qualunque stato ella sia , e le azioni che i corpi in generale possono esercitarsi a vicenda. Ma atteso lo stretto ligame che v'è fra le parti componenti la Fisica nella sua totale estensione , noi non potremo non trascurare nello studio della nostra Fisica speciale delle moltissime nozioni che riguardano l'*Astronomia* , la *Geografia* , e la *Meccanica*. Anzi ci siam proposti di stendere dietro lo studio della Fisica un trattato di Meccanica al-

quanto completo, per così dare un saggio per quanto si può compiuto della scienza Fisica ne' suoi varii rami.

L'osservazione e l'esperienza sono i due mezzi mercè cui studieremo tutta la Fisica. La prima consiste a fissare la nostra attenzione su' corpi, e sui fenomeni che essi producono; e la seconda a riprodurre un fenomeno affin di meglio conoscerne la natura, e calcolarne l'effetto. Per una siffatta riproduzione si è venuto all'invenzione, ed all'impiego di non poche *Macchine* servienti ad isolare i fenomeni, ed a presentarli ne' loro casi semplici per così apprezzarne le cause, e determinarne le leggi; la Fisica si dice per questo riflesso *sperimentale*; quando poi un certo numero per esempio di fatti bene osservati si esprime con de' metodi analitici; ossia con una formola algebrica, allora la Fisica si dirà trattata *analiticamente*, e con questo mezzo generalizzandosi tutti i fenomeni si ottiene ne' risultati una esattezza che l'esperienza da se affatto non saprebbe offrire.

Quantunque la Fisica da noi si trattasse coll'esperienza, pure non ci sarà male se i fatti principali che la compongono, o servono di base a qualche interessante Teoria si vestissero con delle formole dedotte dall'Algebra, o dalla Geometria. Ed è stato in questo modo, che avendo noi accumulati de' fatti per dedurne le conseguenze, ed avendo moltiplicate le osservazioni, ed i risultati per vederne scaturire le leggi stabilite dalla natura onde regolare l'esercizio delle proprietà, e delle forme della materia, la Fisica non si è trovata più basata sull'immaginazione, e sull'osservazione superficiale de' fenomeni, o sui sistemi, e speculazioni rimestate a' sogni de' seduttori metafisici. Abbiamo potuto anzi distribuire le idee, e le cose nel miglior ordine possibile, facilitarne il paragone, e trarne conseguenze, e sempre in diversa azione travagliare e tormentare la natura onde ci avesse questa parlata agli occhi, ed allo spirito. La distribuzione finalmente che noi daremo alle tante teorie, non sarà che la più naturale, e quella che meglio le unisce, onde formare un vero sistema scientifico. Sarà dunque pregio dell'opera:

1. L'esporre in una maniera precisa le proprietà tutte che riguardano la materia in generale, sia questa considerata nello stato d'inerzia, ossia di riposo, sia

considerata in movimento ; ed in ciò il primo libro delle nostre lezioni sarà impiegato.

2. Costitueran lo scopo del secondo libro tutte l'altre proprietà, ed azioni peculiari, che la materia può godere in ciascun de' suoi tre stati o solido, o liquido, o aeriforme.

3. Finalmente gli svariatiissimi fenomeni del calorico, della luce ; dell' elettricismo, e del magnetismo essendo per la Fisica i più importanti, e preziosi ci tratteranno in tutto il terzo, ed ultimo libro.

Ognuno può conoscere che il metodo da noi tenuto è quello che viene ora praticato da tutti coloro che scrivono Elementi di Fisica ; giacchè tutti i trattati non serbano che più o meno questa regolare distribuzione di materie. Ma senz'acchè ci sosteniamo qui con delle autorità alla mano, lo sviluppo completo che daremo alle parti della scienza, la dipendenza che si farà conoscere aver l' une dall' altre, il passaggio naturale, e progressivo che s' avrà dalla prima alla seconda, dalla seconda alla terza . . . Saranno le pruove migliori che decideranno dell' andamento metodico da noi tenuto, ed eseguito.

La *Chimica* non riguarda che i soli fenomeni dipendenti, o risultanti da una interna azione, tutti quei mutamenti capaci a produrre nuovi composti, e le leggi, a cui vanno soggetti i componenti de' corpi ; e si dirà chimica minerale, vegetabile, ed animale secondocchè pratica le sue ricerche sopra l' uno, o l' altro de' tre regni della natura.

Finalmente « La storia naturale studia le forme e le » diverse proprietà che presenta ciascuno de' corpi, i » quali esistono alla superficie, o nell' interno della terra. » Essa esamina la struttura de' corpi privi dell' organizzazione necessaria alle funzioni vitali ; essa studia l' organizzazione, e le funzioni degli esseri viventi ; ella s' occupa delle diverse classificazioni, che possono facilitar » lo studio de' corpi, e cerca di soprattutto disporle nell' » l' ordine metodico il più, per quanto è possibile, con » forme alle di loro analogie » (*Beudant Phisique*).

Un gran numero di scienze è contenuto nello studio della storia naturale ; ma non è questo luogo d' indicarlo nemmeno all' ingrosso. Incominceremo dunque il nostro studio della Fisica, e spereremo nell' indulgenza de' Lettori l' accoglimento favorevole, che essi faranno a queste carte.

LIBRO PRIMO

DELLE PROPRIETÀ DELLA MATERIA IN GENERALE.

1. La Fisica è una parte della scienza della natura, destinata a studiar le proprietà de' corpi, e della materia in generale; ad osservarne i fenomeni, e calcolarne gli effetti dietro la conoscenza di talune leggi, che ne regolano l'esercizio.

La materia a noi non si presenta che o nello stato solido, o nello stato liquido, o nello stato aeriforme. I suoi modi d'agire sia per rapporto a se stessa, sia per rapporto a noi costituiscono le sue *proprietà*. Di queste poi alcune appartengono indistintamente a tutti i corpi, come sono l'*estensione*, l'*impenetrabilità*, la *mobilità*, e la *divisibilità*, e si dicono *essenziali e generali*, e dell'altre perchè non dipendono che dagli stati o circostanze diverse in cui la materia può trovarsi costituita, saranno dette *particolari* (1). Noi parleremo delle une e delle altre nel primo, e nel secondo libro delle nostre lezioni, che amendue riuniti formeranno questo primo volume.

Dell'estensione.

2. Non può concepirsi corpo senz'alcun non occupi un dato spazio; ed è questo che avendo lunghezza, larghezza e profondità costituisce ciò che dicesi *estensione* di quel dato corpo. Noi non entriamo nelle discussioni ideologiche, quale cioè abbia potuto essere l'origine primiera dell'idea *estensione* nella nostra mente, e se dessa costituisca l'*essenza* della materia secondo i Cartesiani; poichè è nostro pensiero nè di oltrepassare i limiti della scienza cui trattiamo, e nè di rimontare al modo della formazione, od al complesso delle proprietà . . . ec. che tutte compongono l'*essenza* de' corpi, e della materia in

(1) Queste che noi diciamo proprietà particolari à vero dire, non sono, che fenomeni prodotti da alcune cause agenti sopra la materia, non sono dunque veramente *proprietà*: ma l'uso ha prescritto tali denominazioni, e noi ce ne avvaleremo.

generale. Solo è nostro scopo di saperla misurar^e, e di paragonarne le diverse parti che la compougono, potendo da ciò trarre delle conseguenze utili a' progressi delle nostre cognizioni.

La misura dell'estensione per noi non può essere che il risultato d'una comparazione, poichè nessuna cosa considerata in se stessa può esser grande o piccola, onde è dunque che sono stati fissati de' *modelli* d'una dimensione *fissa*, e *misurare* non è significato altro che vedere quante volte uno di questi sia capace d'entrare nella cosa cui, si cerca valutare. Questi modelli sono stati varj secondo i tempi, e secondo i luoghi; e poichè questa varietà era un'ostacolo al commercio, ed anche alla stessa conoscenza della Fisica, e della Meccanica, non che di altre scienze, così si escogitò in Francia un nuovo *sistema di misura*, il quale nel mentre che aveva una *base fissa e costante* desunta dalla natura istessa, era poi soggetto ancora ad un metodo uniforme, ed invariabile. Ad onta che il progetto fosse stato arduo e sublime, pure i sommi uomini, che vi collaborarono, valsero a compirlo, ed ad applicarlo. Quella base fu la parte diecimillesima dell'arco del meridiano di Parigi compreso fra l'*equatore*, e l'*polo boreale*: essa si chiamò *metro*, termine che dinota *misura*: ed essendosi paragonata colle antiche misure esistenti a Parigi, si trovò essere di 3 piedi, 11 linee, e 296 millesimi. Esso servì per oggetto di comparazione di tutte le altre misure possibili, poichè moltiplicandolo per 10, 100, 1000 ec. si ebbero il *decametro* l'*ettometro*, il *chilometro* . . . e dividendosi per 10, 100, 1000, ec. s'ottennero il *decimetro*, il *centimetro*, il *millimetro*. . . Una superficie quadrata il di cui lato era di lunghezza 10 metri, e che corrisponde a 948 piedi quadrati, servì di modello alle misure agrarie; ed ella si chiamò *ara*. Un metro cubo, ossia un volume, il di cui lato era lungo un metro, si disse *stero* e valse di modello alle misure de' volumi de' corpi. . . . Questo sistema fu quello che si chiamò metrico, o decimale per la base che vi si adoperò, e per la numerazione decimale che vi s'introdusse. Noi ne abbiam detto quanto era necessario per la Fisica, e rimandiamo coloro, che ne desiderano più dettagliati esami a quegli Autori che ne han scritto.

La idea dell'estensione porta in se ciò che chiamiamo *forma* o *configurazione* ne' corpi, la quale in sostanza non è che la maniera secondo cui la materia è limitata. Porta ancora la sua *divisibilità* in più parti, poichè di essa sempre possiamo prenderne o concepirne la metà, la terza parte, la quarta, la millesima e così di seguito; la *porosità* finalmente si può considerare come una circostanza della materia estesa.

Della divisibilità.

3. Tutti i fatti provano che è quasi indefinita la capacità che ha la materia d'esser divisa, e suddivisa, e che attesa l'imperfezione degli istrumenti, di cui tali operazioni esigon l'impiego, e che noi ci arrestiamo in alcuni dati limiti non potendo progredire oltre. Ma non ostante che noi fossimo persuasi di tutto questo, e che i risultati delle nostre divisioni ultime non siano che estremamente piccioli, pure vogliamo attingere dalla storia della natura parecchi fatti, i quali possono indicare a' giovani di qual picciolezza sia possibile che la materia esista, e quanto per conseguenza possa essere estrema la sua divisibilità. L'uomo appenacchè s'armò di microscopii, s'aprì un nuovo mondo di esseri estremamente piccioli, e sottili. Vide degli animaletti sì tenui che più migliaja si reggono sulla punta di una spilla; non che degli altri più esili certamente, poichè ne abbisognano circa 50 triloni per occupare uno spazio di un centimetro cubo. Contò inoltre sugli occhi di un bruco da 22 mila occhi; su di un piede quadrato della nostra pelle da circa 300 milioni di pori, e per terminare tante meraviglie accennerò finalmente che in una fibra muscolare di 12 linee l'anatomico ha scoperto 4 milioni, 320 mila fibrette, ciascuna delle quali deve avere necessariamente vasi, sangue, e tutt'altro necessario alla vita. Ma l'uomo non si è contentato di semplicemente leggere nella storia della natura tali prodigi; egli si sforzò ancora d'imitarla, ed in tutti i tempi si è avuto il bene di sentire opere che superano la nostra credenza, ma che intanto la critica più severa ci obbliga ad ammetterle. Cicerone, secondo ci narra Plinio, aveva veduta tutta l'Iliade d'Omero scritta di sì fino carattere che poteva essere contenuta

nel guscio di una noce. Presso gli antichi si aveva pure un distico scritto a lettere d'oro, e che si poteva chiudere nella scorza di un granello di frumento. Un certo Mimecide Milesiano aveva costruito un carro d'avorio sì picciolo, e delicato, che una mosca poteva coprirlo colle sue ali, come ancora un picciolo vascello d'avorio della medesima grandezza. Callicrate altro famoso artefice dell'antichità aveva delle formiche, ed altri piccioli animali d'avorio di tanta tenuità che appena se ne potevano distinguere le parti (1). Finalmente noi possiamo citare per colmo di stupore un certo Boverick, il quale fabbricò una catena di 200 anelli destinata ad imbrigliare una pulce, e che col suo catenaccio e la sua chiave pesava circa un terzo di grano; «lo stesso costruì una car-» rozza la quale si apriva, e si chiudeva a mollo, veniva « tratta da sei cavalli, portava quattro persone, e due » lacchè, era condotta da un cocchiere, a piè del quale » stava assiso un cane e l tutto strascinavasi da una pulce » esercitat' a questo travaglio. (*Gioja*, Filosofia).

Se dunque la materia può esistere in tanta picciolezza, ben'è d'uopo concludere, che tenuissime possono essere l'ultime particelle che noi possiamo aver della materia sottoposta a divisione; e difatti da un grano di carminio, e forse anche meno si sono potuto avere tre milioni di parti visibili ad occhio nudo: quattro bilioni di simili parti si sono ottenute da tre decagrammi d'oro, e finalmente da un pezzo di mica della grossezza di $\frac{5}{9}$ di

linea si sono potuto dedurre 23,255 lastre separate, ciascuna delle quali dal color giallastro naturale di detta mica rifletteva un bellissimo azzurro per la di loro estrema sottigliezza, la quale valutata da Neuton si trovò della grossezza di 1,6 milionesimo di pollice.

4. Ma se l'uomo è giunto ad ottenere della materia le particelle minutissime, ossia le *molecole*, ne ha di queste forse conosciuta la natura? Neuton circospetto, e modesto quanto era grande, asserì che questa conoscenza era ad una distanza infinita dalle nostre cognizioni. Egli si limitò a dire che gli elementi ultimi della materia non dovevano essere che *materia*, estesi, impenetrabili, seb-

(1) Vedete Dutens, origine delle scoperte.

bene assolutamente *duri*, *immutabili*, ed *indestruttibili*. Questo pensiero che caratterizza il genio del Neuton si è trovato verificato dalla moderna chimica « l'ultime particelle del carbonio, le quali entrano nella composizione di un globetto di fluidi circolanti di un' animale microscopico, godono di tutte le proprietà di un pezzo di carbonio il quale alimenta i nostri fuochi; si può fare entrare un atomo di carbonio in una moltitudine successiva di combinazioni, che esso ci troverà sempre godere tutte le proprietà, che aveva prima di queste combinazioni; in modo che, seguendo noi l'espressione del filosofo inglese, sembra che l'autore del tutto abbia voluto comporre l'universo materiale di molecole indestruttibili, e dotate di proprietà immutabili ».

Ma oltre dell'immutabilità, e durezza che noi abbiamo potuto finora rilevare dalle combinazioni varie alle quali abbiamo potuto sottoporre un dato elemento, risulta ancora da' successi della chimica moderna, ove il sistema atomistico di Dalton trionfa « che gli atomi ossia le ultime particelle della materia hanno per ciascun corpo differente un peso relativo che fa parte delle loro proprietà immutabili; lo che supporrebbe, o che il peso agisca diversamente sulle differenti molecole, o che la divisione della materia si arresti per ciascun corpo ad un termine particolare, il quale produce degli atomi, più, o meno grossi, e per conseguenza più o meno pesanti. Si osserva infatti che se si fonde assieme solfo, e ferro, si ottiene una massa che gode delle proprietà nuove; e che se questa massa si divide tanto quanto si vorrà, ciascuuna delle parti le più piccole conterrà un poco di ferro, ed un poco di zolfo, lo che prova invincibilmente che nella massa v'ha un egual numero di atomi di zolfo, e di atomi di ferro. Ma se si cercano quali siano i pesi del ferro, e del zolfo che possono in questa guisa combinarsi intimamente, si trova che bisognano 20 parti di zolfo, e 35 di ferro in peso: ora siccome nelle 20 parti di zolfo vi debbono essere altrettanti atomi quanti ve ne sono nelle 35 di ferro, così bisogna assolutamente dedurre che i pesi degli atomi isolati del zolfo, e del ferro stiano fra loro come 20, a 35, cioè che l'atomo del zolfo sia molto meno pesante che quello del ferro. Questo

» risultato è tanto più incontrastabile, che se si esami-
 » nano le combinazioni del ferro, e del zolfo con altri
 » corpi, si troverà che i numeri 20, e 35 converranno
 » sempre per rappresentare il rapporto de' pesi de' loro a-
 » tomi. Si può concludere da ciò che tutti i corpi sem-
 » plici sono formati da atomi di pesi fissi e differenti;
 » che noi non conosciamo il peso assoluto di ciascu a-
 » tomo, ma bensì il rapporto che esso ha fra questi
 » differenti pesi. I corpi composti di due, di tre, di
 » quattro corpi *semplici*, sono indecomponibili con dei
 » mezzi meccanici, quantunque se si estende la divisione
 » per quanto è possibile, essi conservano sempre le me-
 » desime proprietà; vi debbono dunque esistere degli a-
 » tomi *binarij, ternarij, quaternarij* . . . e questi atomi
 » debbono avere un peso eguale alla somma de' pesi
 » degli atomi semplici, che entrano nella di loro com-
 » posizione » l'esperienza in effetti è ciò che conferma.
 » (Vedete *Pelletan Dictionnaire de Chimie* all' articolo Sy-
 » stème atomistique).

Della porosità.

5. L' aver considerati i corpi come tanti massi di particelle fra di loro unite da una forza qualunque, e l' aver nel tempo stesso conosciuta l'estrema picciolezza di queste particelle, abbiamo dovuti ammetterle ne' corpi degl' intervalli fra le parti che li compongono, ossia de' *pori*, e che il numero di questi pori debb' essere più- ché prodigioso, facendo d' uopo ammetterli fin nelle più sottili particelle dalle quali vengono i corpi composti. Moltissime pruove noi abbiamo di questa verità; i me- talli esposti al fuoco si dilatano, perchè il calorico pe- netrando fra le di loro parti le fa allontanare proporzio- natamente alla sua forza; o esposti al freddo essi si re- stringono, lo che dimostra che le molecole de' corpi non si toccano, potendo esse vieppiù stringersi fra loro. I marmi riscaldati a sufficienza danno adito ad alcuni li- quidi, come sarebbe per esempio al petrolio imbevuto di qualche colore; le sostanze solide, e soprattutto le le- gnose possono essere attraversate dal mercurio (1). E vo-

(1) I metalli sono porosi in un modo sensibilissimo. Gli accademi

lendo ricorrere a' travagli degli altri, che hanno voluto per principale mira vedere quanto era prodigioso il numero de' pori esistenti nella materia, diremo con Leeuwenhoek che su ambe le ficce della picciola foglia di bosso vi sono 344, 180 pori; con Hook che nella corteccia di un albero detto da Linneo *quercus suber* vi sono 1,259,712,000 pori in un pollice-quadrato; e col profondissimo Laplace che addetto alla spiegazione di tutti i fenomeni della cristallizzazione de' corpi, della capillarità, . . . ec. partiva in sì laboriose scoperte dalla supposizione che nei corpi anche de' più densi vi siano sei miliardi più di vuoto che di materia (1).

Tutt' i corpi, egli è provato, sono più o meno porosi, circostanza che li ha fatto classificare in più specie relativamente alla loro *densità*; e ciò ha dovuto necessariamente provenire o da un maggiore o minor predominio del calorico esistente nelle di loro parti, o dalla varia forma, e disposizione delle parti sudette. *Massa* di un dato corpo noi diciamo la somma delle particelle materiali di cui è composto; e suo *volume* quello spazio che occupa. Ond' è che noi dobbiamo riconoscere sempre ne' corpi la loro densità, la di loro massa, e l di lor volume: ed indicando queste tre condizioni della materia colle di loro lettere iniziali D, M, e V, avremo

$$M = D. V; \text{ e perciò } D = \frac{M}{V}, \text{ e } V = \frac{M}{D}.$$

di Firenze hanno veduto, che dalle pareti di un globo d' oro fortemente compresso l' acqua ivi contenuta trapelava. Il ferro fuso è tanto poroso che non si è potuto impiegare alla costruzione di certe sopresse Idrauliche: si è dovuto vestire di ottone affinchè l' acqua quando era compressa non trapelasse attraverso i suoi pori sotto l' aspetto di tante goccioline.

(1) Quasi tutti i fisici hanno portata per pruova della porosità de' corpi la pelle dell' uomo. Questa, essi dicevano, per la gran quantità del sudore che tramanda deve contenere moltissimi pori. La Fisiologia ci ha insegnato che questi che essi chiamavano pori, non sono che le aperture di alcuni vasettini particolari, i quali sono in comunicazione col sistema circolatorio generale; e che le membrane del corpo vivente non possono godere della porosità che hanno i corpi naturali, poichè allora tutt' i fluidi si confonderebbero gli uni cogli altri, circostanza che non combina colla regolarità delle funzioni; e la traspirazione non è una trasudazione, ma una *secrezione*, una cioè delle funzioni della vita.

Finalmente noi non sappiamo che cosa mai possa esistere ne' pori della materia. Alcuni principj, la di cui natura è a noi perfettamente sconosciuta, fa di mestieri che v' esistano onde poter spiegare i fenomeni naturali che osserviamo. Alcuni corpi hanno fatto chiaramente conoscere esservi ne' di loro pori dell' aria, e su tal proposito citeremo l' esperimento del Neuton fatto sopra una pietra del genere di quelle chiamate *Agate*. Posta questa pietra in un bicchiere d' acqua sotto la campana pneumatica, si vedono da essa uscire moltissimi fili di bolle d' aria che si succedono senza interruzione; ed accade pure che l' acqua prendendo il posto dell' aria, l' agata aumenta notabilmente di peso, ed addiviene trasparentissima; ond' è che i fisici l' han chiamata *Idrofana*.

Dell' impenetrabilità.

6. Lo spazio non può dirsi mai *realmente* limitato se non dalla materia capace di *occuparlo*, ossia di resistere a qualunque altra materia, che tentasse di riempere lo stesso spazio. È stato per questa circostanza della resistenza, che noi ci abbiamo potuto assicurare della reale esistenza de' corpi, ed abbiamo detto non esservi materia là dove nessuna, anco insensibile, resistenza vi fosse. Così le immagini de' corpi dietro gli specchi piani, o quelle avanti degli specchi concavi, non sono affatto materia (1).

Il resistere che fanno i corpi, onde il di loro luogo non venisse d' altri occupato si dice *Impenetrabilità*; e da ciò che si è detto si vede quanto essa sia essenziale alla materia, *da non reputarvi materia là dove impenetrabilità affatto non esiste* (2).

Questa proprietà non appartiene a' corpi in quautocchè essi occupassero un dato volume, ma bensì alle di loro ultime particelle, ed è difatti che se i corpi solidi in massa sono impenetrabili gli uni per gli altri, egli

(1) Questo esempio prova la falsità dell' opinione Cartesiana che nell' estensione consiste l' essenza della materia. Nelle immagini suddette noi abbiamo dell' estensione, ma sono esse *materia*?

(2) Tale conclusione non porta a dire che l' impenetrabilità sia d' essenza alla materia, secondo voleva Gassendi; poichè l' impenetrabilità presuppone sempre l' estensione ne' corpi.

non è così poi pe' liquidi, pei gas, e per i fluidi imponderabili, poichè questi si uniscono, e si combinano pienamente fra loro: se si bagna, dice *Pelletan*, un pezzo di soghero, l'acqua penetra ne' suoi pori, ond'è che sarà detto il soghero *penetrabile*, quantunque *impenetrabili* fossero le sue parti.

Dall'aver di già dimostrato che l'impenetrabilità è delle particelle della materia, anzicchè de' corpi considerati come massa, bene è da dedurre che l'impenetrabilità appartiene a' liquidi, a' gas, a' fluidi incoercibili egualmente che compete a' corpi solidi. Cercate di mescolar due masse di liquidi acqua, e vino, la somma che ne risulterà sarà eguale all'una, ed all'altra insieme prese; lo che prova l'impenetrabilità fra le molecole de' liquidi. Riempite un vaso, che abbia per apertura un orificio, di aria la quale come ognuno può conoscere è un fluido elastico, e propriamente, un gas; immergetelo verticalmente coll'orificio in basso dentro d'un altro vaso pieno d'acqua fino a quell'altezza che l'esperimento richiede: Si osserverà che la superficie di quell'acqua, la quale è penetrata nel vaso dell'aria è alquanto più bassa di quella che evvi nel vaso dell'acqua; e tale abbassamento crescerà sempre a proporzione che il vaso d'aria s'approfonda in quello dell'acqua, fino a quel punto, in cui l'aria racchiusa sommanente compressa, resisterà ad ogni ulteriore ingresso dell'acqua. Finalmente pei fluidi incoercibili non abbiamo prove dirette della loro *impenetrabilità*, ma il ragionamento ce ne deve convincere, avendo di già noi detto che l'impenetrabilità compete alle particelle della materia in generale, anzicchè a' corpi considerati come massa, e sotto di un dato volume: ora se tutto ci porta a far credere che quei fluidi sono materia, già dobbiamo conchiudere che sono dotati delle proprietà che alla materia competono.

Una sola cosa mi resta da far riflettere relativamente all'articolo *impenetrabilità della materia*, ed è che qualche volta la mescolanza di due o più sostanze porta diminuzion di volume, anzicchè aumento; mescolate per esempio alcool con acqua, o rame con zinco; ne avverrà che il volume del miscuglio è minore della somma de' volumi, che quelle sostanze presentavano separatamente prese; e

ciò, convien badare, non nasce da compenetrabilità avvenuta fra le particelle, ma dalla nuova disposizione che queste hanno prese mescolandosi, disposizione che ha prodotto un ravvicinamento maggiore di quello che pria avevano le particelle sumenzionate (1).

Della mobilità, e dell'inerzia.

7. Per mobilità noi intendiamo la disposizione, in cui è la materia di poter esser trasportata da un luogo ad un altro; e'l cambiamento di luogo, cui essa prova dicesi propriamente *moto*. E ciò fa conoscere che sebbene sia la materia capace d'esser mossa, non ne siegue poi, che sia realmente in movimento, ossia nel passaggio da un luogo ad un altro. Sul movimento e sulle leggi del movimento, lunghe teorie vi sono, degne dell'attenzione, e dello studio degli osservatori. Queste teorie hanno creata la scienza chiamata *meccanica*; e non pertanto delle non poche appartengono alla scienza Fisica cui noi stiamo studiando. È questo il momento in cui dobbiamo notare quali di queste teorie appartengono alla Fisica, e quali altre vanno a costituir la scienza chiamata *Meccanica*.

Siccome non può concepìrsi movimento senza una causa, o una forza, così può essere questa forza o in agenti esterni alla materia che si muove, o nella materia stessa. Ora saranno sottoposti alle leggi della Meccanica tutti quei movimenti, ne' quali i corpi spinti da agenti esterni, possono ratrovarsi; e saranno poi della Fisica tutti quegli altri movimenti, che col nome di fenomeni noi indichiamo nella materia, e che la causa prima che li produce non è che in se stessa: così due corpi, se lasciati a se stessi, essi si muovono, quei due corpi entreranno nello studio della Fisica, e non della *Meccanica*, perchè conviene supporre che la causa di tal fenomeno non sia, che alla materia inerentissima.

8. La Fisica, e la Meccanica nello studio de' movimenti non debbon che partire da una famosa proprietà conosciuta nella materia, cioè dell'indifferenza, al *moto* od *alla quiete* che noi in tutti i corpi ravvisiamo apr-

(1) Vedete *Herpin Recreations chimiques* — T. 2. pag. 161.

tamente. Questa indifferenza, o meglio questa mancanza di spontaneità che ha la materia o di mettersi in moto allorchè è in riposo, o in riposo allorchè è in moto senza una causa che la determini a quel cambiamento, si è detta *Inerzia*; ed il gran Neuton non fece che sviluppar questa proprietà quando lesse nella natura le tre famose leggi che egli chiamò generali, o naturali. Ed infatti la prima di queste leggi non fu « *Che ogni corpo immobile persiste nello stato di riposo, ed ogni corpo mobile in quello di movimento uniforme e rettilineo, finchè una forza motrice ne cambi lo stato sia di riposo, sia di movimento* » (1). La seconda (conseguenza della prima) fu espressa ne' termini « *Che ogni forza viene misurata dal prodotto della massa del corpo che si muove per la sua velocità* » per la ragione che quella forza spingendo il dato corpo non fa che comunicare alle particelle tutte di questo corpo la sua energia, energia che si divide egualmente in tutte, e dà a tutte la medesima velocità. Si dice *quantità di moto*, o *momento* il surriferito prodotto.

L'ultima legge finalmente concepita ne' termini: *che quando due corpi agiscono l'uno sull'altro, le loro azioni, e reazioni sono sempre eguali alla somma de' movimenti de' quali erano dotati* » oltrechè è una conseguenza ancora delle precedenti, risulta immediatamente dalla nozione stessa di ciò che abbiain chiamata

(1) « Infatti ha detto Laplace, un corpo essendo incapace di darsi alcun movimento, sembra egualmente incapace di alterare quello che ha ricevuto; di modochè la legge d'inerzia è almeno la più naturale e la più semplice, che si possa immaginare. D'altra parte essa è confermata dall'esperienza, poichè osserviamo sulla terra che movimenti tanto più si prolungano quanto più diminuiscono gli ostacoli che vi si oppongono; ciò che ci fa credere che senza questi ostacoli, durerebbero sempre. Ma l'inerzia della materia è principalmente rimarcabile ne' movimenti celesti, i quali dopo lunga serie di secoli non hanno risentita sensibile alterazione. Perciò noi considereremo l'inerzia come una legge di natura; ed allorchè osserveremo alcuna alterazione nel movimento d'un corpo, supporremo che è dovuta ad una estranca cagione » (Esposiz. du Mond. page 14) 3.).

Risulta da ciò che la suddetta legge d'inerzia si può da noi considerare quale una supposizione, che consiste nell'attribuire a cause estrinseche tutt' i cambiamenti di stato, sian di moto, sian di quiete.

inerzia ; infatti allorchè il celebre Laplace volle darci un' idea chiara , e naturale di questa inerzia egli incominciò dal supporre « che un corpo in moto incontri un altro in riposo , nel qual caso , egli è evidente , che quello comunicherà a questo porzione del suo moto ; cosicchè se il primo non avesse che una massa doppia del secondo , e questo non ricevesse da quello che la metà del moto urtante , allora percorrerebbero entrambi colla stessa velocità dopo l'urto in virtù della seconda legge ». L'effetto dell'inerzia dunque si riduce alla comunicazione , che » uno de' due corpi fa all'altro di una porzione del suo » moto ; e poichè il secondo non può ricevere , senz'ac- » chè il primo perda , questa perdita s'attribuisce ad una » resistenza esercitata dal corpo che riceve. Ma in questo » caso accade del moto come del fluido elastico conte- » nuto in un vaso , con cui si mettesse in comunicazione » un altro vaso vuoto , il quale fluido per effetto della » sua forza espansiva s'introdurrebbe nel secondo vaso , » finchè si trovasse uniformemente distribuito in amendue ; » del pari un corpo che urta un altro , non fa per così » dire , che versare in questa una porzione del suo moto ; » nè v'è ragione di supporre una resistenza in questo caso » piucchè nell'esempio citato , (*Hauy* , *Phisique*).

I fisici hanno sovente considerata l'inerzia come una potenza , o una resistenza , la quale difatti si crede sentire quando urtiamo colla mano un corpo immobile , o anche un corpo in moto sebbene meno rapido di quello della mano.

Essi si sono ingannati , poichè questa pretesa resistenza non deriva che dalla divisione del movimento della mano con quel corpo che n'era privo , o che ne aveva uno minore. In somma in questo caso avviene l'istesso effetto , che avverrebbe se la mano fosse in riposo e venisse il corpo ad urtarla con un moto diretto in parte contraria.

Dell'attrazione in generale.

Dopo le primitive nozioni che noi abbiain potuto dare della materia considerata nelle sue proprietà generali , ed essenziali , la prima cosa che ci si presenta ora da riflettere è l'esistenza di alcune forze , o potenze che agiscono sopra di essa , e la mettono in movimento.

Nei preliminari abbiain fattò cenno della forza, e ci siamo attenuti all'opinione de' più illustri filosofi circa l'unità della sua natura; Noi quì non seguitiamo, che il medesimo pensiero, e per comprovarlo sempre vieppiù, addurremo delle ragioni a vantaggio di coloro che non furon nel caso d'esaminar quei preliminari.

9. In tutte le trasformazioni, e fenomeni, che la materia vale a presentarci, noi non ci scorgiamo, che un avvicinamento di parti, sia che studiamo la formazione degli esseri organizzati, sia che studiamo i movimenti stessi de' massi immensi dell'universo, sia che finalmente studiamo le circostanze tutte a cui la materia può trovarsi soggetta; e se talvolta le combinazioni nuove alle quali la materia vien trascinata indicano allontanamento di parti fra di loro anzicchè no, ciò non nasce che o per un *principio* attivissimo che le separa, o perchè vengono chiamate da altre parti dotate d'una forza superiore a quella che esse avevano: in somma il fenomeno non è che in apparenza. Apparisce dunque che ad un' avvicinamento generale tutti i fenomeni si riconducono, e le leggi della meccanica non provengono, nè dipendono che da quel fatto primitivo.

Ad onta che ignorassimo poi perchè le parti della materia cercano di ravvicinarsi fra loro, pure il fatto è costante, e che per non gittarci in un abisso di chimere, e di errori noi non ne dobbiamo cercar la causa che nell'intrinseca natura della materia, e nel carattere di alcune circostanze, alle quali può trovarsi sottoposta. Questo fatto è stato chiamato col nome generale di *attrazione*; quantunque fossimo usi ad indicare con questo termine la causa, anzicchè il fatto suddetto.

La varietà, ossia le modificazioni di questo fatto generale considerate nelle di loro conseguenze si sono dette fenomeni; ed è l'*attrazione* generale quella che esercitando la sua azione su' primitivi elementi della materia, determina immediatamente a delle leggi la primitiva riunione che può fare; è dessa stessa quella che agendo nelle novelle, e successive combinazioni altri fenomeni produce in ciascuna circostanza fino a non rimirar dell'universo che un effetto unico, e continuato dell'attrazione. Pianeti che girano intorno a' proprj soli, corpi che cadono e tendono a' loro centri, elementi che si uniscono, e

producono sempre novelli esseri ; non sono che tutti determinati da quel gran principio che anima la materia.

La natura di questo principio non deve formar parte delle nostre lezioni ; sia desso risultante da un fluido particolare , sia da movimento interiore delle molecole , sia un tutt' altro che sempre saprà di vago , e d' incerto , noi ci arresteremo dal metter pensiero a tali supposizioni , tanto più che l' alto talento del profondo Neuton vi si era provato debole , ed inferiore.

Ma affin di venire alle particolarità di questo fatto generale è necessario che preliminarmente diamo alcune osservazioni generalissime , intente a far vieppiù conoscere che effettivamente un' attrazione v' ha fra massi dell' universo , e fra i corpi tutti della natura ; poichè quando di questo fatto generale noi ci siamo pienamente assicurati , possiam determinarne le sue leggi , sia che agisca fra i pianeti , sia che agisca fra' corpi , sia che finalmente si eserciti fra gli elementi primitivi della materia.

Osservazioni generali riguardanti l' attrazione.

10. Neuton il primo fra i moderni , concepì che l' attrazione era essenziale alla materia , ed i fisici susseguenti non ne hanno che verificata l' idea dietro l' osservazione accurata , eseguita su' fenomeni della natura (9).

Questo pensiero portò a far conchiudere : 1. Che l' attrazione totale la quale noi osserviamo ne' corpi non è che la somma di tutte le peculiari attrazioni inerenti alle particelle che li compongono ; d' ond' è che più un corpo ha di massa più aver deve di attrazione ; che val dire *l' attrazione è nella ragione diretta delle masse*. 2. Che quando agiscono fra loro due massi , l' azione è reciproca , e l' risultato non dev' essere che o un equilibrio se sono le azioni eguali , e contrarie ; o un moto determinato dalla maggiore non che dall' altre condizioni e circostanze accompagnanti il fenomeno. Ed è così che noi dobbiamo riconoscere un' azione della terra , la quale si spiega su' corpi che la circondano , o che giacciono vaganti nell' atmosfera ; ed un' azione che i corpi sulla terra spiegano ; ma che intanto perchè di quella infinitamente più picciola non vale a produrre verun risultato ; ma che anzi come se dessa affatto non vi fusse , all' azione del

globo deve pienamente cedere. 3. Finalmente se l'attrazione è di essenza alla materia, e corpi che cadono sulla terra, e che la terra a se tira, non fanno che ubbidire agl' impulsi di quella forza che li accompagna; noi dobbiamo conchiudere, che tutte le montagne; massi, e corpi che compongono il globo sono dotati dell' attrazione; che non perciò questa attrazione esclusivamente esiste nel centro terrestre come opinavano alcuni, e che i corpi i quali cadono sulla terra, o che propendono a cadere, non vi cadono per una leggerezza assoluta, o per ogni altra sognata e chimérica disposizione secondo altri, ma bensì per quella forza attrattiva; senza di cui non è possibile concepir materia.

Noi chiamiamo *gravità* d' un dato corpo l' attrazione totale mercè cui esso precipita sul globo.

11. Le osservazioni ci hanno fatto conoscere che l' attrazione con cui la terra attrae i corpi, si può considerare come in nulla diminuita sino all' altezza di 4745 metri. Ma ogni ragionamento c' induce ad ammettere anche al di là di questo limite una siffatta forza; e che spandendola indefinitamente sino alla luna, al sole, agli astri, alle comete. . . ., e che di questi la loro azione ripiegando sulla terra, dobbiamo riconoscere nelle alternative di questa *gravitazione generate* il sistema e l' armonia dell' universo.

Di questa gravitazione possiam domandare se effettivamente esiste, e qual' è la legge che la governa. Che abbia luogo, gli astronomi se ne sono assicurati da quelle leggiere perturbazioni che i corpi celesti provano, e delle quali la meccanica ha scoperta la causa nella di loro *influenza scambievole*. Ma oltre di questo fatto noi possiamo quì citare il flusso ed il riflusso delle acque de' mari, cagionato, come vogliam dimostrare; dall' attrazione che il sole, e la luna soprattutto, possono spiegare sopra la terra.

Andate su' porti, o sulle coste bagnate dagli oceani, e là vedrete che son dessi due volte al giorno soggetti ad una specie d' inondazione provenuta dalle acque di quelli oceani; inondazione che dal suo principio sino all' incominciamento del suo decrescere, dura sei ore; e siccome essa riempie i fondi, i porti, copre le spiagge. . . , così si è chiamata *flusso* ovvero *riempifondo*. Dopo di ciò

rileverete, che l'inondazione decrescendo a poco a poco anche nello spazio di sei ore, evacua quei porti, e scopre quelle spiagge. Questo movimento retrogrado delle acque è ciocchè dicesi, *riflusso*, ovvero *mar scemo*. Dunque rileverete nelle acque de' mari e degli Oceani un moto, che li spinge fuor del proprio letto, e dicesi *flusso* o *alta marea*, ed ora li rientra ne' proprj fondi, e dicesi *riflusso* ossia *bassa marea*.

Per dimostrare che queste alte e basse maree non derivano che dall'attrazione la quale la luna spiega sopra la terra, non che dall'altra che vi esercita l'immenso astro del giorno, bisogna incominciare dalle seguenti osservazioni:

1. Una marea alta, ed una marea bassa prese assieme fanno sempre 12 ore; cosicchè se una addivenisse minore di 6 ore, l'altra addiverrebbe maggiore.

3. Ogni marea non suole venire precisamente all'istessa ora; v'ha un ritardo il quale calcolasi dalla mattina alla sera di 24 minuti; e da un giorno all'altro di 48. Ond'è che se in questo giorno la marea è piena alle sei del mattino, essa lo sarà alle sei e 24 minuti nella sera; domattina a sei e 48 minuti, domani a sera a 7 e 12 minuti; e così di seguito.

3. Questo ritardo delle maree da un giorno all'altro è perfettamente eguale a quello della luna, la quale ritarda ogni giorno di 48 minuti per ritornare nello stesso punto del cielo, d'onde era partita. Le maree inoltre al termine d'un mese lunare, che è di 29 giorni e mezzo, ritornano alla stess' ora, allorchè la luna è per rapporto alla terra nella medesima posizione.

4. Finalmente queste maree sono più alte, quando la luna si trova nel suo massimo avvicinamento alla terra, o quando la sua azione sulle acque del mare è combinata con quella del sole. Sono più basse poi quando hanno luogo le circostanze opposte.

Queste osservazioni fatte fin da' tempi di Plinio il vecchio, ripetute da Keplero, e da Neuton, fecero conchiudere: « Che l'attrazione della luna e del sole sulla terra era la causa di quel maraviglioso fenomeno » (1).

(1) L'illustre Laplace avendo riflettuto che l'atmosfera dev'essere egualmente soggetta all'influsso dell'attrazione planetaria, ha

Posto che dunque l'attrazione esiste fra gli astri ed i pianeti ; fra i corpi e la terra su cui cadono , o che le sono al dintorno ; e fra gli elementi in fine della materia , possiamo venire a' tre capi seguenti. 1. Considerare il sistema del mondo , e veder la legge dell'attrazione che lo governa. 2. Studiare le leggi e gli elementi della gravità della terra sui corpi. 3. Ed esaminar finalmente quell'altra che ha luogo fra gli elementi primitivi della materia.

Quantunque l'attrazione sia una , pure chiameremo la prima *attrazione planetaria* , la seconda *attrazione terrestre* , e l'ultima diremo *attrazione molecolare*.

potuto determinare in essa un flusso , ed un riflusso giornaliero , di cui ha creduto di trovarne l'indicazione e la misura ne' movimenti diurni del barometro , di cui appresso parleremo.

Idea del gran meccanismo dell'universo.

12. Innumerabili corpi, quali punti scintillanti vediamo sospesi nello spazio, quando specialmente le tenebre della notte hanno sparsa il di loro velo sulle azzurre volte del cielo. Di quei corpi alcuni, perchè splendono e scintillano di luce propria, son detti soli, o stelle: ed altri perchè privi di questa luce, non si rendono a noi visibili se non per quella che ricevono da' soli, e che a noi la riflettono con più o meno di vivezza, son chiamati *corpi opachi*; e tal'è la terra che abitiamo, la luna, e tutti quegli altri immensi massi, che nominiamo *planeti*, e *cometi*.

I soli fatti per illuminare son centri d'un determinato numero di planeti, e cometi, i quali tutti d'intorno a quei centri siaggirano con date leggi, e con stabilito tempo e velocità. Ond'è che dobbiamo considerare di questi corpi tante unioni, o *sistemi*, quanti sono i corpi luminosi che possono formar centro agli altri massi dell'universo; e siccome è indefinito e certamente interminabile il numero di quei soli, così interminabile dev'essere ancora il numero di quei sistemi, ossia dei *mondi*.

Il sistema che noi conosciamo, e di cui ne formiamo parte è detto *solare*. Finora si sono conosciuti 11 planeti, i quali variamente grandi per rispetto alla terra, e variamente distanti dal sole, che è il di loro centro, serbano in tutt'ordine, ed in armonia costante il sistema del mondo nostro. Affin di porre tutto sotto un colpo d'occhió, ecco qui un preciso quadro del nostro sistema solare.

NOMI de' PIANETI.	ORDINE rispetto al sole	SEGNi per indicarli.	LORO DIAMETRI per rispetto a quello della TERRA.	LORO DISTANZE dal sole calco- late in MIGLIA.	TEMPI del di loro giro INTORNO AL SOLE.	SATELLITI ossian Pianeti di secondo ordine che girano intorno a già detti.
Mercurio	1	☿	415,212	32,066,400	87 ^{giorni} , 23 ^{ore} , 15 ^{minuti} , 44 ^{secondi}	
Venere	2	♀	960,000	59,918,400	224 ^{giorni} , 16 ^{ore} , 49 ^{minuti} , 18 ^{secondi}	
Terra	3	♂	1,000,000	82,836,000	365 ^{giorni} , 5 ^{ore} , 48 ^{minuti} , 51 ^{secondi}	Un Satellite detto <i>Luna</i> .
Marte	4	♂	522,000	126,271,200	686 ^{giorni} , 23 ^{ore} , 30 ^{minuti} , 39 ^{secondi}	
Vesta	5	♂	67,491	196,569,840	1335 ^{giorni} , 4 ^{ore} , 55 ^{minuti} , 12 ^{secondi}	
Giunone	6	♂	180,000	220,926,000	1590 ^{giorni} , 23 ^{ore} , 57 ^{minuti} , 7 ^{secondi}	
Cerere	7	♂	212,716	229,276,800	1681 ^{giorni} , 12 ^{ore} , 56 ^{minuti} , 9 ^{secondi}	
Pallade	8	♀	281,000	229,440,000	1681 ^{giorni} , 17 ^{ore} , 0 ^{minuti} , 57 ^{secondi}	Quattro Satelliti.
Giove	9	♂	10,865,777	430,980,000	4332 ^{giorni} , 14 ^{ore} , 18 ^{minuti} , 11 ^{secondi}	7 Satelliti oltre l'Anello che lo circonda.
Saturno	10	♂	10,000,000	790,156,800	10758 ^{giorni} , 23 ^{ore} , 16 ^{minuti} , 34 ^{secondi}	
Urano	11	♂	4,334,380	1,589,073,600	30688 ^{giorni} , 17 ^{ore} , 6 ^{minuti} , 16 ^{secondi}	6 Satelliti.

Oltre de' suddetti corpi girano intorno al sole tanti altri, che ora se gli avvicinano notabilmente, ed ora si vanno a perdere nell'immensità dello spazio per non ritornare che dopo un lungo corso di secoli. Il numero di questi corpi, che abbiamo chiamati *cometi*, potrebbe giungere secondo Lambert fino a 500 milioni, i quali in periodi differenti, ed in orbite infinitamente variate nelle inclinazioni, e nelle posizioni potrebbero girare intorno al sole senza turbare l'armonia celeste. Ma delle comete finora osservate, e delle quali è stata calcolata l'orbita, sono 146. Moltissime vedute anticamente, non sono più ricomparse; e ciò ha fatto opinare, che queste, non percorrendo intorno al sole, che sentieri iperbolici, o parabolici, viste dunque una volta non più a noi sarebbero per presentarsi, quandocchè indefinitamente da noi vanno sempre più a discostarsi.

Se de' pianeti girano intorno a' proprj soli, e costituiscono i sistemi; è più che probabile, che questi sistemi in dato numero girano intorno agli altri *centri* di secondo ordine per così formare sistemi di second'ordine, e che questi sistemi girino intorno a *centri* di un ordine più elevato; e così discorrendo all'infinito, fino a concepire un centro universale dell'universo. Si vede dunque da ciò, che se l'universo è sì ammirabilmente immenso, il mondo dove noi abitiamo non dev'essere che quale un granello di polvere in un'alta montagna, paragonandolo all'ammasso totale di tutt' i mondi che debbono esistere nello spazio infinito.

Dietro l'idea che noi abbiain dato dell'universo, si può dunque conchiudere che questo non dev'essere che quale immensa opera di meccanica, composta d'una infinità di pezzi differenti nella densità, e nella grandezza, e che incatenati gli uni cogli altri mercè una forza incomprendibile ed attivissima, vanno a costituirla ed a comporla.

La sua armonia, e l'ordine pressocchè costante, che i secoli ammirano, hanno condotti gli uomini di tutt' i tempi e di tutte le nazioni a rilevar le leggi che lo governano, e lo reggono. E quantunque le cognizioni che abbiamo, e le inchieste che sono state soddisfatte, somministrassero materia ben giusta agli encomj di coloro, che sforzarono gli astri, e gli elementi a svelar gli ar-

cani della di loro esistenza, e della loro maniera di agire, pure tutte esse non sono che quali albe mattutine che precederanno forse la comparsa di più chiara luce nel genj che verranno a sublimar la umana specie.

L'astronomia, ad onta che abbracciasse ne' limiti della sua competenza, tutt' i corpi che popolano lo spazio immenso, pure di quei che spettano al nostro sistema, si è sforzato conoscerne il cammino, la distanza scambievolmente, le di loro rivoluzioni, le di loro azioni reciproche, non che la loro costituzione e natura, perchè nè i suoi sensi nè i suoi sublimi concepimenti, nè i voli più elevati della sua fantasia potevano trascinarlo più alto, e fargli così racchiudere nelle deplorabili angustie della mente umana una macchina, che forse non ha mai limite.

Le leggi astronomiche dunque non riguardano che il nostro sistema; ma di esse non facciamo che quì solo ricordarle.

Ma di tutte queste leggi uno è il principio che bisogna stabilire, una cioè è l'ipotesi famosa che vale a dar loro esistenza e pruova. Questo principio, o questa ipotesi non consiste che nella legge generale di ogni azione a distanza. » Che l'attrazione cioè a cui tutte le altre forze vanno a ridursi, agisce in ragione inversa del quadrato delle distanze.

Leggi astronomiche.

13. Non potendo assolutamente tener dietro alla dimostrazione di queste leggi, è perciò che noi ci restringeremo a solamente citarne alcuni risultati principali, ed a vedere come il gran Neuton dedusse la legge dell'attrazione generale, che agisce cioè in ragion inversa de' quadrati delle distanze. Ci manterremo adunque quasicchè bloccati nelle seguenti osservazioni.

1. Le osservazioni degli astronomi avendo fatto rigettare l'antico sistema Tolomaico, che la terra cioè era il centro de' pianeti, e del sole, fece abbracciare quello di Copernico. Sì nell' uno che nell' altro sistema, si dovè riconoscer sempre che il cammino de' pianeti, delle comete, quello de' satelliti intorno a' pianeti, non era che Curvilineo.

2. Non può concepirsi moto Curvilineo senza l'esistenza di due forze, una delle quali allontana il pianeta dal sole, e l'altra ve lo attira; e per spiegar l'azione di queste due forze possiamo chiamarci al pensiero la *Tensione della corda di una frombola*, l'acqua che sgorga dal foro fatto nel fondo di un vaso, il quale si fa girare . . . esempj, in cui si rileva forza d'impulsione combinata con una *forza costante* diretta verso un dato centro. Si sono chiamate queste forze *centrali*, e di queste la prima *centrifuga*, e la seconda *centripeta*.

3. Le leggi astronomiche non principiano che dalle leggi delle forze centrali.

4. L'esame di queste non è che della Meccanica. Qui dunque diremo soltanto quelle famose leggi, che l'osservazione aveva dettate al genio di Kepler.

Prima legge — I pianeti si muovono in curve piane, ed i loro raggi vettori, ossia le linee rette le quali uniscono a ciascuno istante i pianeti col di lor centro fisso, descrivono d'intorno a questo centro che è il sole, delle aree proporzionali a' tempi.

Seconda legge — Le orbite planetarie sono tante elissi, un fuoco delle quali viene occupato dal sole.

Terza legge — I quadrati de' tempi che impiegano i pianeti a percorrere le di loro orbite sono fra loro come i cubi de' grandi assi delle suddette orbite.

14. Neuton dedusse dallo studio di queste leggi, e specialmente dalla seconda il rapporto secondo cui la gravità cresce, o decresce. Egli disse che la *gravità agisce in ragione inversa de' quadrati delle distanze*. Poichè di questa legge famosa noi spesso faremo cenno, così non sarà discaro se ne tessiamo una perentoria dimostrazione poggiata sulle semplici nozioni della Geometria (*Fig. 1*). Sia AC il raggio dell'orbita della luna, raggio che è 60 volte maggiore di quello della terra; e sia AD una porzione dell'orbita che la luna percorre in un minuto. Siccome qui supponesi, che quest'arco sia picciolissimo così si potrà confondere colla corda AD.

È d'uopo qui avvertire che il sistema delle due forze centrali ha fatto percorrere l'archetto AD; ora se si finge che una sola agisca ossia la centripeta, allora la luna non percorrerebbe più per l'arco, ma continuerebbe a scorrere lungo Aa, e sarebbe appunto Aa il

42

quantitativo dello spazio che percorrerebbe la luna nel dato tempo di un minuto.

Giusta le nozioni geometriche si ha $AD^2 = Aa \times 2AC = Ae \times Ae$; dunque

$$Aa = \frac{AD^2}{Ae}$$

Sia dunque l'arco detto della luna percorso in un minuto di 60,059 metri, 270, di cui il quadrato è 3⁶, 607', 115, 912^m, 933; se questo numero si divide pel diametro dell'orbita che è 751, 876, 771^m, 828, si avrà per quoziente 4^m, 797, ossia 14 piedi, 9 pollici, e tre linee.

Ora siccome le forze debbono essere proporzionali alle velocità; e sapendosi che il grave alla superficie della terra è attratto da una forza che è 3600 volte maggiore di quella con cui è attratta la luna, poichè la velocità colla quale quel grave percorrerebbe è giusta le osservazioni 3600 volte maggiore di quella colla quale scorrerebbe la luna; così fa d'uopo concludere che l'attrazione essendo 3600 alla superficie della terra, 1^o alla distanza della luna, e che dippiù l'orbita della luna avendo un raggio 60 volte maggiore del raggio della terra, che si suppone *Uno*

si avrà $3600 : 1 :: (60)^2 : 1$

Cioè l'attrazione della luna che è 3600 minore dell'attrazione del grave sulla terra sta a questa attrazione che si suppone 1 nella ragione inversa de' quadrati delle distanze.

Termineremo l'attrazione planetaria, perchè ne rimetteremo il di più allo studio della Meccanica.

Fenomeni dell'Attrazione terrestre.

15. Incominceremo l'esposizione di questi fenomeni da' seguenti dati di sopra spiegati.

1.^o L'attrazione è d'essenza alle parti tutte della materia.

2.^o Essa è reciproca fra queste parti, cosicchè se la terra attrae i corpi, questi attrahono la terra.

3.^o L'attrazione è nella ragione diretta delle masse, e perciò essendo la terra che attira a se i corpi, conside-

tabilmente maggiore di ogni grave che ci possa cadere, anche la sua attrazione dev' essere tale per rispetto a quella con cui il grave attira a se la terra.

Tutti e tre questi dati spiegano il fenomeno meraviglioso, perchè *i corpi cadono sulla terra, e caduti che vi sono, là si fissano, e vi perdurano, e perchè le parti delle quali è il nostro globo composto non si disperdano punto nello spazio.*

Molti fatti par che facciano eccezione da questa gran legge; il fumo, i gas, e tenui sostanze si elevano realmente nella nostra atmosfera, come il soghero si porta alla superficie dell' acqua nella quale sta immerso. Eppure queste anomalie non dipendono, che dall' esistenza dell' aria in cui gli esperimenti si stabiliscono. Questo fluido in effetti presenta una resistenza a tutti i corpi che cadono sulla superficie della terra, ed è questa resistenza sempre in ragion de' volumi de' corpi suddetti, cui questi possono avere relativamente alla di lor massa. Ora è ben noto, che il fumo, i gas, l' esilissime sostanze che vdiam galleggiar per l' aria; sotto un considerabil volume racchiudon poca massa, e sono meno dense, e meno pesanti dell' aria istessa; può dunque la resistenza di questa non solo non farli cader sulla terra; ma anche scacciarli fuor ad un' altezza che verrebbe determinata dallo stato dell' aria, e dalla natura di quei corpi ... cc.

A questa pruova possiamo aggiungere l' altra che ci può offrire la macchina pneumatica, quando cioè facciam cadere delle varie sostanze diverse nel peso, nel volume, nella densità ... cc. dentro di un tubo vuotato d' aria; vedremo allora chiaramente che tali sostanze cadendo tutte colla medesima velocità, e nello stesso tempo, nel mentre che decisamente dimostrano di provenire le anomalie sudette dalla resistenza dell' aria, ci fanno parimente stabilire la gran verità fisica — *che la velocità, la quale dalla gravità viene impressa al corpo cadente non dipende dalla massa di questo.* Difatti egli è vero, che la gravità è la stessa per tutte le molecole insieme, e per una molecola staccata dalla massa.

Nell' esperimento sudetto è però da notare, che se il corpo pesante, come il piombo, ed il leggero, come un pezzettin di carta cadano colla stessa velocità nel tubo vuotato d' aria, pure gli effetti non sono gli stessi; potreb-

be, per esempio il primo romper del vetro, se ci fosse, lo che non potrebbe il secondo. Questo effetto noi non lo possiamo attribuire che alla massa maggiore del piombo in preferenza della carta, poichè abbiamo detto che le velocità sono le stesse. I prodotti delle masse per le loro velocità ci danno la misura di quello sforzo che noi dobbiamo fare onde sostenerli, ed impedir che essi non cadano. Son questi prodotti ciò che noi diciamo *pesi*. Non bisogna dunque confonder peso con *gravità*, giacchè il primo non è che relativo a quello sforzo; e la seconda non si misura, che dalla celerità indipendentemente dalla massa, dal volume &c. &c.

16. Le più grandi teorie che può somministrarci, quella dell'attrazione terrestre sono relative alla caduta de' gravi sulla superficie del globo. Affin di studiarle con metodo noi considereremo in tale caduta la *direzione*, l'*intensità*, e la *composizione di quella forza con altre forze*. 1.^o L'osservazione ci ha fatto scoprire nella discesa de' gravi, che la direzione cui questi pigliano cadendo è sempre secondo una linea *retta verticale*, la quale se si prolungasse tra le viscere della terra, essa giungerebbe a toccarne il *centro*. E siccome ciocchè intendiamo d'aver detto d'un corpo s'intenda detto anche per tutti gli altri, così possiamo stabilire che le direzioni de' corpi cadenti possono tutte col pensiero esser considerate come tante rette convergenti, il di cui punto d'unione comune sarebbe il centro sudetto. Ma i fisici però, ed i meccanici considerando che il raggio della terra lungo 1432 leghe è senza paragone maggiore di quell'altezza da cui i corpi possono discendere, così quella convergenza da essi non si valuta affatto, e tutti stimano parallele le linee verticali di due o più corpi cadenti, ed osservati in un dato spazio.

Affin di spiegare poi quella tendenza che hanno i corpi dalla natura di discendere fin nel centro della terra, bisogna metter pensiero al gran principio di Neuton, che *quando (Fig. 2) cioè un inviluppo sferico come sarebbe puz esercita nelle sue particelle una forza attrattiva in ragione inversa del quadrato delle distanze sopra una molecola in situata nel di dentro, o nel di fuori di questa sfera; l'attrazione totale che risulta da tutte le attrazioni parziali dell'inviluppo è la stessa*

*relativamente alla molecola attratta come se tutte le molecole attrattanti si trovassero riunite nel centro C della sfera da esse formata: Poichè quell'attrazione che le parti vicine ad m perderebbero supponendole in C, l'acquisterebbero poi quelle più lontane da m avvicinandosi allo stesso centro; vi sarebbe dunque un giustissimo compenso. Risulta da queste leggiere considerazioni, che quantunque la gravità fosse in effetti il risultato d'una innumerabile quantità di forze che tutte assieme agiscono su d'un corpo, si può ciò non ostante considerare come una *forza unica*, la di cui direzione ella passa pel centro della terra. Egli è vero però che tale supposizione non sarebbe perfettamente esatta per la nostra terra, attesa la forma d'uno sferoide che tiene, appiattata cioè verso i poli, ed elevata verso l'equatore ma anco tale particolarità si trascura poichè quell'appiattamento non è sì rimarchevole da produrre effetti sensibilissimi nella discesa de' gravi; esso non toglie al diametro terrestre che 13 leghe, cioè di 13 leghe è il diametro dell'equatore maggiore del diametro de' poli.*

Se abbiám dovuto riconoscere nella terra un *centro d'azione* egli fa d'uopo ammetterlo in tutti gli altri corpi della natura; cioè che se noi consideriamo tutte le forze parziali colle quali cade un dato corpo, esse potranno combinarsi in un solo, e medesimo punto della sua massa. Ora tale punto è stato detto *centro di gravità*, ed ognuno può quì comprendere che è desso situato sempre nella direzione della verticale. Si potrebbe dunque subito riconoscere ne' corpi in qual punto esso sia sospendendo cioè quel dato corpo lungo due diverse direzioni; egli è certo che quel centro di gravità non sarebbe che nel punto dell'intersezioni di quelle linee indicanti le rispettive direzioni. Ma trovare questo centro di gravità tocca al meccanico anzichè al fisico; questi si dovrà solo ricordare: 1.° Che la situazione di un corpo è tanto meno ferma quanto la superficie sostenuta è più piccola, e per quanto il centro di gravità sta più lontano da questa superficie. 2.° Che quando è sostenuto il centro di gravità vien sostenuto tutto il corpo. 3.° Che tutto quello che sostiene il dato centro sostiene il detto corpo. 4.° Finalmente sapendo che l'uomo tenendo le mani a' fianchi ha il suo centro di gravità nel basso ventre sul prolun-

gamento delle gambe ; potrà spiegare la ragione delle sue varie posizioni secondocchè egli camina sul piano , scende , o sale ; è caricato o no di un qualche peso.

17. 2.^o Intensità della gravità.

La misura vera che noi possiamo prendere di una forza che ha spinto un corpo a muoversi è la velocità , che a questo ha comunicata , giusta la seconda delle famose leggi di Neuton. Della gravità parimente noi prendiamo per sua misura quella celerità , colla quale fa cadere sulla terra un corpo lasciato a se stesso ; e che secondo le osservazioni di Ugenio possiam stabilire quale dessa possa essere ; riflettendo che un corpo cadendo può percorrere nel principio del suo movimento in un minuto secondo circa quindici piedi parigini.

Avendo noi fatto conoscere che la forza la quale spinge i corpi a cadere è come se fosse nel centro della terra , ne siegue , che un corpo sia che si faccia cadere sulle più alte montagne , sia che si faccia cadere nelle profondità di una miniera , additerà apparentemente che la gravità che l'anima è quasicchè invariabile , ossia che in un minuto secondo percorrerà sempre quindici piedi come scoperse Ugenio.

Varia però sensibilmente l'intensità di questa forza andandosi da' Poli all'Equatore ; qui , ove la forza centrifuga è al massimo , e che direttamente s'oppone alla gravità del corpo cadente , si è conosciuto che la gravità perde alquanto della sua intensità , ed al contrario la riacquista ne' poli , ove la forza centrifuga è nel minimo ; ed ove consideriamo che quei punti polari sono i più vicini al centro della terra , *centro* , come abbiain detto , d'*azione* relativamente a' corpi , sia che giacciono sulla sua superficie sia che galleggiano per l'aria , sia che vi stanno per cadere. I calcoli hanno portato a conchiudere , che un corpo , il quale scorre in un secondo 4^m89 sotto l'equatore , scorrerebbe nel medesimo tempo 4^m907 se la forza centrifuga non si opponesse ; e che se la forza centrifuga , ossia la velocità colla quale la terra gira intorno del suo asse fosse 17 volte più intensa di quella che è , già i corpi all'equatore non avrebbero più gravità , e sarebbero nello spazio tutti progettati.

18. Lasciando adesso da parte tante delicate , ed utili osservazioni , mettiamoci a conoscere la varietà dell'in-

tensità della forza, per la quale i corpi cadono sulla terra. Partendo dall'esperienza giornaliera già abbi- am conosciuta che tali corpi cadendo acquistano una velocità che si va sempre accrescendo fino a che giungono sulla superficie del globo; e che tale velocità s'ha dovuto andare *uniformemente accrescendo perchè la gravità che spinge i corpi a cadere è una forza che costantemente, e con azioni eguali in tempi eguali opera sopra di essi.*

Su di questo riflesso noi andremo a stabilire le leggi che accompagnano la caduta de' gravi sopra la terra.

Supponiamo che un corpo cada da una *data altezza in un dato tempo*, e che questo tempo venga diviso in una moltitudine d'istanti infinitamente piccioli. Egli è evidente che nel principio della caduta il corpo non ha ricevuto dalla gravità che un grado infinitesimo di celerità, e che negl'istanti successivi la gravità avendo continuati i suoi impulsi senza far perdere al corpo quegli che precedentemente aveva dati, ha fatto che la celerità del corpo si fosse aumentata in un modo proporzionale al numero di quegli istanti, onde è dunque vero che *le velocità cui un corpo acquista cadendo sono sempre proporzionali ai tempi.*

Noi sappiamo che se i tempi successivi, ne quali il corpo cade, sono espressi nella figura 3 da AL, LK, KI . . . egli è certo che nella fine di questi tempi le velocità han potuto essere espresse da LB, KC, ID . . . ed essendovi tra le velocità e tempi il rapporto costantissimo così s'è potuto avere, che i triangoli ALB, AKC, AID . . . siano perfettamente simili fra loro. Ora rappresentando questi triangoli i rispettivi spazii percorsi in un dato tempo, e nella data velocità, noi potremo stabilire pure che

$$ALB : AKC :: AL^2 : A'K^2 :: LB^2 : KC^2 \dots \text{cioè}$$

che gli spazii sono come i quadrati de' tempi, o come quelli delle velocità.

Ma oltre di questa dimostrazione possiam darne un'altra ricavata dalle annotazioni della Fisica di Fischer (1).

(1) Questa dimostrazione si può saltare da quei giovani che disgraziatamente trovansi sorniti della scienza tanto utile e necessaria delle Matematiche.

Sia E lo spazio che il corpo A ha percorso nel tempo T : sia questo tempo diviso in tanti picciolissimi intervalli chiamati t , ed il di cui n.° sia $= n$. Si avrà $T = nt$. Supponiamo che v sia lo spazio che A percorre in ciascuna unità di tempo. Ciò posto A percorrendo pel tempo T , e facendo v spazio in ciascuna delle sudette unità, percorrerà lo spazio espresso da vT . Nel secondo istante tA riceve una nuova impulsione eguale alla precedente; ma non agendo che durando il tempo $T-t$, così descriverà lo spazio $(T-t)v$.

Nel terzo si avrà $(T-2t)v$; nel quarto $(T-3t)v$ in modo che si avrà la serie

$$Tv, (T-t)v, (T-2t)v, (T-3t)v, \dots, tv$$

ma essendo $T = nt$,

Dunque in luogo di T mettendo nt , si avrà
 $ntv, (n-1)tv, (n-2)tv, (n-3)tv, \dots, tv =$ Sommando
 questi spazii, si avrà lo spazio E ; e perciò $E = \frac{n(n+1)tv}{2} =$
 $\frac{T(T+1)t}{2} \cdot \frac{v}{t}$, mettendo $\frac{T}{t}$ in luogo di n .

Supponiamo ora che g sia lo spazio percorso nell'unità di tempo, si avrà parimente

$$g = \frac{1(1+t)}{2} \frac{v}{t}.$$

E dividendo E per g , si avrà

$$\frac{E}{g} = \frac{T(T+1)}{1+t} = T - \frac{T(T-1)t}{1+t}$$

ora facendo t infinitamente picciolo, si avrà $\frac{E}{g} = \frac{T^2}{1}$,

$E = gT^2$, Cioè

gli spazii sono come i quadrati de' tempi.

Esaminiamo ora la velocità che il corpo acquista dietro il tempo T . Sia V questa velocità, e sarà eguale a tutte le velocità parziali avute in ciascuno istante del tempo T , cosicchè chiamando v ciascuna di quelle velocità parziali o impulsioni, ed essendone n il n.° si avrà $V = nv$, ma $n = \frac{T}{t}$ dunque

$$V = \frac{T}{t} \text{ } \circ. \text{ Ma si è avuto } g = \frac{1(1+t)}{2} \frac{v}{t}$$

dunque dividendo s' avrà

$$\frac{V}{g} = \frac{2T}{1+t} = 2T - \frac{2Tt}{1+t}. \text{ Ma nell' ipotesi } t = 0 \text{ si}$$

avrà $\frac{V}{g} = 2T$, $V = 2gT$; cioè *le velocità sono proporzionali a' tempi.*

Tante verità scoperte la prima volta da Galileo, e quindi dimostrate analiticamente, han potuto ancora vedersi sensibilmente in una macchina escogitata da *Atwood* per tale oggetto. Questa macchina è stata costruita in modo da rallentare l'intensità della gravità senza per altro alterarne la natura. È dessa alta circa sei piedi consistente in una colonna, sopra della quale vi è una carrucula, sostenuta col suo asse sopra ruote mobilissime, e sottilissime da considerarsi pressochè niente il di loro attrito. Se adesso sulla carrucula si fa passare un filo; ed all'estremità di questi s' attaccano due corpi perfettamente eguali D , e D , egli è evidente che vi succederà l'equilibrio. Ma facciamo che ad uno di essi si attacchi un picciolo peso, allora avverrà il movimento; il corpo sopra gravato discenderà, ed il *regolo* che sta attaccato alla colonna indicherà che se il corpo nella fine d' un secondo si trovava al punto 1. della divisione, si trovava al punto 4 nella fine dell' altro secondo; al punto 9 nella fine del terzo, e così di seguito. Si vede ancora nella suddetta macchina, che quando la gravità cessa d' essere in azione, ossia cessa d' agire, il corpo sul quale s' esercitava, fa uno spazio doppio di quello che aveva percorso, cosicchè se aveva percorse 9 divisioni della scala, ne percorreva 18 nel medesimo tempo. Si vede da ciò che la velocità del corpo s' ha dovuta sensibilmente diminuire.

19. I corpi cadendo nello spazio dall' alto siegnono le leggi stabilite, e possiamo noi dietro un leggiero calcolo determinare l'altezza d' un edificio conoscendo il tempo impiegato da un corpo, nel cadere. Supponiamo che una pietra ha impiegati cinque secondi a cadere dall' alto d' un edificio; si può di questo determinar l'altezza, istallando la seguente proporzione giusta il *principio che gli spazi sono come i quadrati de' tempi.*

T. 1.

4

1 (quadrato di 1): 25 (quadrato di 5)::4 metri, 9 (spazio percorso nel primo secondo): x (spazio percorso in cinque secondi)
 donde $x=122,^m5$.

Seguendo le medesime teorie si potrebbero ancora calcolare le velocità che acquisterebbero la pioggia, e la gragnuola allorchè da un'altezza maggiore d'una lega esse cadono sulla superficie della terra. Noi saremmo indotti a conchiudere che un grano di grandine dovrebbe arrivare alla superficie del Globo con una velocità tale da poter percorrere in un secondo da circa 300 metri, velocità quasi eguale a quella colla quale una palla di 24 libbre scappa dal cannone, e per conseguenza quelle piogge, che noi consideriamo come l'educatrici della natura vegetabile, non sarebbero che tanti mezzi distruttivi della stessa. Fortunatamente la resistenza dell'aria essendo continua, e crescente a' corpi che cadono, questi dietro qualche tempo acquistano una velocità costante. Questo stesso avviene alle gragnuole, ed all'acque delle piogge..... Vero è però che quando i grani della grandine sono di qualche grandezza, essi piombano sulla terra con violenza, e possono distruggere animali, alberi, vegetabili, tutto quanto in somma possa presentarsi a tanta ruina; e quindi campagne deserte, edifici scossi, case diroccate possono esser gli emblemi di sì funesta disgrazia. Si spiega pel medesimo principio la sproporzione che sovente osserviamo fra le ferite d'un uomo caduto; e l'altezza d'onde è caduto. Chi cade dal quarto appartamento non ritrae da questa dissavventura che un danno doppio di chi cade dal primo, perchè la velocità la quale si è trovato avere il primo, non è che doppia di quella che ha acquistato il secondo. Si può qui conchiudere che il danno delle cadute non è proporzionale all'altezza dalla quale ebbero luogo, ma solamente al tempo che esse hanno impiegato. (Ved. il § 84, Lib. 2).

20. *Composizione della gravità con altre forze.*

Egli è evidente che questa forza di gravità agendo continuamente in tutte le molecole della materia, deve necessariamente trovarsi in combinazione con tutte quell'altre forze, o maniere d'agire, che possono aver le

suddette molecole. Ed è perciò che quella gravità, la quale noi fino al momento abbiamo studiata isolatamente, può assumere adesso non pochi esami, se si considera in combinazione di qualche altra forza: Così cadendo un corpo per un *piano inclinato* è dessa in una combinazione di due forze colla resistenza che gli presenta quel piano: venendone un altro proiettato, è dessa nella combinazione coll'altra forza detta di *proiezione*. Ma queste due combinazioni quì rammentate, non che le tant'altre che possono aver luogo non sono soggetti del fisico, perchè in tali movimenti noi dobbiamo sempre riconoscere oltre della gravità un'altra forza tutta esterna, e che continuamente agisce; sono soggetti dunque del meccanico, il quale delle forze esterne egli ne rileva le leggi, e ne esamina la natura, e l'andamento.

Quali combinazioni esaminar deve dunque il fisico? A vero dire egli non ne avrebbe, che una sola a studiare, e sarebbe la somma di tutte le gravità inerenti alle molecole d'un dato corpo, colla quale questo tendendo ad avvicinarsi al centro della terra, fa qualunque sforzo onde pervenirci, e manifesta una pressione sensibile e calcolabile, sia alla mano che lo cerca sostenere, sia a qualunque piano che gli si para d'innanzi, e lo resiste. Questa somma che si considera ne' differenti corpi si dice propriamente *peso*. Dunque del peso noi dobbiamo occuparci. Questa teoria essendo applicabile ed a' corpi solidi, ed a' liquidi, ed a' fluidi aeriformi, così noi la tratteremo quando si parlerà di questi corpi separatamente presi.

Ma oltre della suddetta combinazione toccata al fisico esclusivamente, la necessità lo ha costretto a studiar l'altra, quella cioè del *pendolo*, in cui ci abbiamo movimenti prodotti dalla gravità in corpi sospesi ad un punto fisso. Ho detto la *necessità*, perchè quest'istrumento servendo di misuratore al tempo, ed alla gravità stessa ne' varii luoghi della terra, egli è al fisico d'importante conoscenza, e di continuato impiego. Tratteremo quì immediatamente di tale istrumento.

Del pendolo.

21. Ogni grave, il quale sospeso all' estremità di un filo possa ciondolare intorno all' altro capo, come d' intorno ad un centro, e far così le sue vibrazioni, dicesi, *pendolo*. Di questo si dirà *centro di sospensione* o *di moto* il punto a cui è quel filo sospeso; *centro d' oscillazione* quello della palla o corpo qualunque che oscilla; e nomineremo sua lunghezza la distanza che passa fra i due centri suddetti.

I fisici hanno distinte due specie di pendoli; hanno detto *pendolo fisico* o *composto* qualunque corpo di qualsiasi figura, purchè il centro di oscillazione o di gravità non coincide col centro di moto o di sospensione; ed han chiamato poi *pendolo semplice* o *geometrico* una sola linea retta che si muove intorno ad una sua estremità, e di cui consideriamo come pesante solamente l' altra estremità. Quantunque a rigore tale specie di pendolo non ha luogo in natura, pure siamo stati usati a supplirvi un corpo *pesante e compatto* sospeso a fili finissimi, o a verghe metalliche, tali da poterle considerare senza peso. Quel corpo si è chiamato *lente*.

Sopra tale fatta di pendoli noi andremo a basare tutto ciò che riguarda la di loro teoria.

22. Un pendolo è in perfetta quiete quando il suo centro di gravità si trova sul prolungamento della verticale dal punto di sospensione, come sarebbe la posizione AB (*fig. 4*). Ma fingiamo che il pendolo venga trasportato in C, ed abbandonato a se stesso. In questo punto il pendolo C dovrebbe ubbidire alla forza di gravità espressa da CD e siccome questa è in direzione obliqua colla AC, così CD si decomporrà nelle due CF, e Ce; la CF sarà distrutta dalla resistenza del punto di sospensione A, e si muoverà verso B coll' altra forza Ce. Avverrà lo stesso in tutti i punti dell' arco CB, ed essendo dippiù la forza di gravità sempre crescente, così il pendolo dal principio del suo moto fino all' arrivo della perpendicolare ha un moto sempre crescente di velocità. Allorchè il pendolo poi è arrivato in B si muoverà verso G con tutta la forza acquistata, e con moto sempre ritardato. Tutte le circostanze portano a conchiudere che si eleverà fino al punto G percorrendo uno spazio GB eguale a CB.

Giunto il corpo nel punto G si troverà nella posizione istessa, e nelle circostanze, nelle quali era quando trovavasi in C. Perciò si dirigerà nello stesso modo di prima verso B per risalire in C, e percorrere questo spazio nel tornare addietro, in un tempo eguale a quello che impiegò per arrivarvi. Ora dicesi *oscillazione* quell'andata che fa il pendolo da C in G; come pure sarà una seconda oscillazione quell'altra che farà da G in C. E poichè il pendolo impiega lo stesso tempo nel fare ciascuna di queste oscillazioni, così si è rimarcata questa circostanza col nome d'*isocronismo* che significa *tempo eguale*.

Egli è chiaro che un isocronismo perfetto non può aversi in natura, nè gli spazii che il pendolo percorre possono essere eguali; poichè la resistenza dell'aria, l'attrito del punto di sospensione, e'l peso del filo sono ostacoli che è impossibile distruggere, e che sottraggono al pendolo qualche cosa della sua velocità. Donde nasce che non essendo una oscillazione perfettamente eguale a quella che l'ha preceduta, o che la seguirà immediatamente, gli archi che si percorrono saranno sempre di più in più piccoli fino a che il pendolo si troverà in B. Queste oscillazioni possono durar più ore in modo che possono comparir sensibili al microscopio fino a capo di 24 ore, come risulta dall'esperienze fatte sulla misura del pendolo nell'osservatorio di Parigi coll'apparecchio di Borda. Fortunatamente però nelle ricerche di fisica non si affigge grande importanza nell'eguaglianza degli archi ossia delle oscillazioni fatte dal pendolo; siccome con questo vogliamo solo conoscere la misura del tempo, così in fisica incumbe solo l'eguaglianza del tempo, che ciascuna oscillazione impiega.

Ora questa eguaglianza vi esiste, e noi l'andremo a dimostrare matematicamente (*fig. 4*) concepiamo i due archi BC, e Bn picciolissimi, vogliamo dire che il tempo impiegato per l'oscillazione BC, è eguale a quello per l'oscillazione Bn.

Rappresentiamo il peso del pendolo colle perpendicolari CD nm, e decomponiamo ciascuna di queste forze nelle due CF, e Ce; no, e nx; ma siccome CF e no vengono distrutte dalla resistenza del punto, a cui è sospeso il pendolo, così esso sarà mosso dalle due Ce e nx.

Inoltre poichè supponiamo che gli archi CB , e Ba siano picciolissimi, così i triangoli CAB , e nAB sono rettilinei. I due CAB , e CeD essendo simili, poichè hanno i lati rispettivamente paralleli, come pure gli altri due nAB , e nxo , daranno le proporzioni $Ce : CB = CD : CA$.

$$\text{dunque } Ce = \frac{CB \cdot CD}{CA}.$$

$$nx : nB = nm : CA, \text{ dunque } nx = \frac{nB \cdot nm}{CA}; \text{ e perciò}$$

$$Ce : nx = CD \times \frac{CB}{CA} : nm \times \frac{nB}{CA} = CD \times CB : nm \times aB.$$

Ma $CD = nm$ perchè la forza di gravità è sempre costante: dunque

$$Ce : nx = CB : nB,$$

cioè *le forze sono proporzionali agli spazii*. Avendo noi supposti gli spazii picciolissimi, le forze dunque, Ce , e nx saranno eguali, ed i tempi non essendo che a tali forze proporzionali, saranno ancora come le forze eguali.

23. Questa circostanza rimarchevolissima fece determinare al gran Galileo il pendolo come l'istrumento migliore e più esatto per misurare il tempo, e che applicato poi agli orologi da Ugenio, ne fece di questi misuratori esattissimi dell'ore, e de'giorni. Nautici, meccanici, astronomi non si servono adesso che del pendolo per fissata misura, e tutti son convenuti alla formazione d'un pendolo chiamato a *secondi*, essendo il *secondo* adattato per unità di tempo. Ma che cosa è questo secondo? Il pendolo quanto dev'esser lungo?

Gli astronomi chiamano *giorno siderale* l'intervallo che passa fra il momento, in cui una stella sull'orizzonte apparisce all'osservatore, e tra quello della sua seconda apparizione al medesimo osservatore sito nel medesimo luogo. Di questo giorno se ne fanno 84, 400 parti; ogni parte di questo giorno si chiama *secondo*; e l'pendolo si dirà a secondi, se in un giorno siderale farà 84, 400 oscillazioni. Questo pendolo giusta tutte le osservazioni possibili dev'esser lungo circa 39 pollici inglesi,

e $\frac{2}{10}$, ossia $0^m 9938267$ (1).

Ora non tutt' i pendoli possono essere di questa lunghezza, e perciò non tutti in un secondo possono percorrere i medesimi spazii, nè il tempo delle oscillazioni può essere lo stesso in tutti. Ciò posto, siamo costretti a domandare:

1. In quale rapporto stanno i tempi coi quali si fanno le oscillazioni in due pendoli diversi nella lunghezza?

2. In quale rapporto sta il numero delle oscillazioni di due pendoli in un dato tempo?

Possiamo rispondere brevemente a tali quisiti.

1. I tempi sono come le radici quadre degli spazii percorsi (18). Questi spazii nel caso nostro sono *dimensioni omologhe di due cerchi*. Ora se i cerchi sono nella ragion de' quadrati de' raggi corrispondenti, anche nella stessa ragione debbono stare quelle dimensioni omologhe. Dunque i tempi sono come le radici quadrate della lunghezza de' pendoli. Si avrà la proporzione

$$t : t' = \sqrt{L} : \sqrt{L'} \quad (2)$$

2. Sia n il n.^o delle oscillazioni che nel tempo t si fanno dal primo pendolo, ed n' quelle che nel tempo t' si fanno dal secondo; la frazione $\frac{t}{n}$ indicherà nel primo la durata di ogni oscillazione, e $\frac{t'}{n'}$ quella nel secondo pendolo. Ora essendo i tempi come le radici quadre delle lunghezze, si avrà

$$\frac{t}{n} : \frac{t'}{n'} = \sqrt{L} : \sqrt{L'}$$

(1) « Se mai per effetto delle rivoluzioni, cui la prudenza umana non saprebbe nè evitare, nè provvedere, i modelli delle nostre misure si perdessero, noi ritroveremmo ben tosto la lunghezza del metro colla sola osservazione del pendolo, che batteva i secondi a Parigi. Ond' è che se i Romani ed i Greci avessero avuto tai mezzi somministrati dalla scienza, noi potremmo al giorno d'oggi riprodurre tutte le di loro misure, e molte quistioni essenziali per le scienze, per le lettere, per le arti non resterebbero giammai indecise » (Dupin, tom. 2. pag. 125).

(2) Galileo conobbe il primo questa proporzione, e se ne servì felicemente per la misura delle volte, e delle cupole.

Ma poichè il n.° delle oscillazioni in ambo i pendoli si suppone avvenire nel tempo stesso; dunque essendo $t = t'$, si avrà

$$n' : n = \sqrt{L} : \sqrt{L'}$$

cioè il n.° delle oscillazioni è in ragione inversa delle radici quadre della lunghezza rispettiva in ciascun pendolo.

L'ultima cosa finalmente che ci tocca a dimostrare è, *che i tempi delle oscillazioni sono nella ragione inversa delle radici della gravità, o delle masse.*

Noi abbiamo avuto $E = gt^2$ (18), indicando per E lo spazio; per g i 15 piedi che si percorrono in un secondo, e per t il tempo. Abbiamo dunque

$$t^2 = \frac{E}{g}, \quad t = \sqrt{\frac{E}{g}}$$

Ma supponiamo ora che lo spazio resta lo stesso, e che il solo tempo varia: egli è evidente che varierà ancora la velocità, la quale è nel caso nostro espressa da g . Si avrà dunque

$$t = \sqrt{\frac{E}{g}}; \text{ dunque}$$

$$t : t' = \sqrt{\frac{E}{g}} : \sqrt{\frac{E}{g'}} = \sqrt{g'} : \sqrt{g}, \text{ o } = \sqrt{m'} : \sqrt{m}$$

Questa proporzione si applica perfettamente al moto dei pendoli, e risulterà l'evidenza dell'assunto proposto.

24. Riduciamo ora tutte sott'occhio le formole avute

$$t : t' = \sqrt{L} : \sqrt{L'}$$

$$t : t' = \sqrt{g'} : \sqrt{g}$$

$$n' : n = \sqrt{L} : \sqrt{L'}$$

si avranno l'altre due

$$n' : n = \sqrt{g'} : \sqrt{g}; \quad n'^2 : n^2 = g' : g \text{ cioè}$$

quando due pendoli hanno la medesima lunghezza il n.° delle oscillazioni sono come le radici quadrate dell'azione di gravità, e l'intensità di queste azioni sono come il quadrato de' numeri delle oscillazioni.

25. L'uso e l'impiego fatto de' pendoli, onde determinare con esattezza il tempo, diede luogo fin da'

suoi primi scopritori a varie scoperte, le quali certamente sarebbero restate in un bujo eterno, o avrebbero dovuto attendere chi sa quanti altri secoli onde veder la luce.

Col pendolo si è potuto calcolare l'intensità dell'attrazione terrestre ad una data latitudine. Fingiamoci in Parigi, e sia il pendolo a secondi quello di cui facciamo uso. La formola che ci può indicare quella intensità è $g = a \pi^2$. Ora essendo $a = 0^m 99385$, e π , poichè rappresenta il rapporto della circonferenza al raggio, è 3,14154; dunque $g = 9^m 8088$. Ma essendo la g come una forza costante qui considerata, ha fatto dunque percorrere uno spazio di quello che essa stessa avrebbe fatto percorrere nel principio del momento con velocità uniformemente accelerata; e di fatti si può ocularmente scorgere che lo spazio $LK \propto B$ percorso colla velocità costante LB è doppio di ALB spazio percorso con forza uniformemente accelerata (fig. 2) fin dal principio del movimento. Ora noi non consideriamo che la caduta d'un grave con forza uniformemente crescente; dunque di g dobbiam prender la metà di ciocchè essa esprime. Dividendola per due si $4^m 98$, ossia circa 15 piedi parigini.

Si è ancora conosciuto che alla stessa latitudine la forza di gravità è la stessa per tutti i corpi.

Richer avendo osservato che nell'Isola della Cajenna distante per pochi gradi dall'equatore il pendolo a secondi oscillava più lentamente di quel che oscillava in Parigi, e Maupertuis avendo veduto il contrario al di là del cerchio polare artico dove era gito a fare delle scoperte relative alla gravità varia che già si era sospettata dalla reale accademia francese, poterono stabilire asseverantemente che questa gravità era effettivamente e diversamente varia ne varj luoghi della terra, più intensa cioè sotto i poli, meno intensa secondochè s'avvicinava all'equatore. Questa varietà i fisici avevano attribuita alla rotazione della terra intorno al suo asse, rotazione che dà luogo alla forza *centrifuga*, la di cui velocità all'equatore è stata calcolata di 400 metri per secondi, e che sotto all'equatore medesimo fa perdere alla gravità la 289^{ma} parte della sua attività: ma Bouguer avendo calcolato che la dimensione della gravità da' poli all'equa-

tore non era esattamente proporzionale all' aumento della forza centrifuga, egli ne chiamò per concausa la *Figura* della terra, la quale a vero dire dev' essere complicatissima; poichè la terra non è solamente uno sferoide schiacciato a' poli, ed elevato all' equatore, ma gli emisferi che la compongono non sono perfettamente simili, nè i paralleli sono de' cerchi, ma bensì dell' elissi; dunque si può supporre che sia un ammasso di materia senza una data, e regolare figura.

Bouguer istesso ha osservato coll' impiego del pendolo che l' azione della gravità varia a misura che si eleva al di sopra della superficie della terra: Egli trovò a Perù sul livello del mare, che il suo pendolo a secondi aveva di lunghezza $0^m, 99076$, mentrecchè poi sul *Pichincha*, monte elevato di 4745 metri, esso non doveva avere per fare in un dato tempo il medesimo n° delle oscillazioni che la lunghezza di $0^m, 98963$; dunque osservò in tali risultati che la gravità doveva esser maggiore nelle basse superficie della terra, come sono quelle de' mari, e minore nelle cime dell' alte montagne.

26. Termineremo la teoria de' pendoli con dare un breve cenno de' pendoli chiamati *compensatori*. Si sa da ognuno che il calorico può fare allungare i metalli, come diremo in appresso, ed il freddo restringerli; or a i pendoli essendo soggetti alle stesse fasi, non possono rigorosamente parlando, essere gli esatti misuratori del tempo. I fisici dunque affin d' ovviare a questo inconveniente cercarono di dare una nuova costruzione a' pendoli. La *figura 5* ne rappresenta uno de' più semplici. La parte indicata da ABCDE è un sol pezzo, e fisso in A, cosicchè se cresce, ossia se si dilata in virtù del calorico, esso deve dilatarsi dall' alto in basso. Dippiù nel punto O evvi un foro per dove può liberamente agire l' altro pezzo egualmente sano FGponm, e si comprende subito che questo dilatandosi avviene il suo prolungamento dal basso in alto. Dunque si può stabilire che il corpo F stia sempre ad una stessa distanza da A, ossia che 'l pendolo persista sempre nella sua lunghezza. Questi pendoli così costruiti si son detti *compensatori*; la di loro spesa è molto costosa, e ciò avendo dato luogo a rinvenir mezzi di risparmio, si è conosciuto alla fine che le verghe d' abete bollite nell' olio, e quindi dissecate sono assai poco o quasi niente dilatabili.

Fenomeni dell' attrazione molecolare che appartengono allo studio della fisica.

27. L' avvicinamento reciproco fra le parti è il fenomeno generale che osserviamo nella natura, sia che i pianeti girano intorno a soli, sia che i corpi cadono sulla terra. Questo fatto, nascondendoci tuttora con un denso velo la sua cagione, si è chiamato attrazione.

Ma se fino a questo momento un tale fatto non è stato da noi studiato che nelle grandi masse, o in quelle almeno capaci di produrci una qualche impressione, dobbiamo ora osservarlo fra quelle masse sì tenui, che da noi vengono considerate come i primitivi componenti della materia, o le molecole ultime, alle quali i limiti delle nostre osservazioni ci han potuto condurre.

Quest' attrazione che noi chiameremo *molecolare*, o *chimica* è speciosa al pari della gravitazione planetaria, ed i fenomeni non ne sono, nè meno numerosi, nè meno ammirabili (1).

Questi fenomeni possono ridursi a più classi. Alcuni non riguardano che i novelli composti che la combinazione di due o più sostanze semplici ha potuto dar luogo: tale sarebbe per esempio la combinazione del solfo col carbonio che è la sostanza più fissa; essa produce il carbure di solfo, che è il liquore più volatile che giammai si sia conosciuto. Altri non han di mira che i tanti effetti quasi simpatici che noi possiamo osservare fra le sostanze, e per la di cui spiegazione non si rimonta che all' attrazione chimica, o molecolare. « Mettete un poco d' inchiostro ordinario nel fondo di un picciol bicchiero, e versateci sopra alcune gocce d' acido nitrico, o d' acido solforico, avverrà che l' inchiostro si scolorirà, e 'l liquore resterà chiaro come acqua pura. Scrivendosi poi con questo liquore così scolorito, la scrittura scomparirà assolutamente quando si sarà asciugata, e si potrà leggere quando o si tufferà la carta in un' acqua, e si faccia là stare per qualche istante, o quando sulla scrittura si faccia

(1) Essa sarà detta di *affinità* se ha luogo fra molecole dissimili; sarà detta di *coesione* se ha luogo fra molecole simili. La sfera di attività è più ristretta, o più picciola di un leggiero untume che far si potrebbe sulla superficie di un corpo.

passare un pennello bagnato nella soluzione di potassa. Questo fenomeno con i tanti consimili non è che degli effetti simpatici, e la spiegazione che i chimici ne danno non è che attrazione maggiore che il ferro del solfato (il quale è componente dell'inchiostro) ha coll'acido nitrico, o solforico in preferenza dell'acido gallico, altro componente dell'inchiostro; e quando la scrittura baguandosi ricomparisce, non è ciò che un altro effetto dell'attrazione molecolare, perchè nell'acqua l'acido solforico è indebolito, e l'acido gallico ritorna nella pristina combinazione col ferro: se s'impiega la potassa, l'acido solforico si combina con quest'alcali, ed abbandona il ferro (1).

L'ultima classe de' fenomeni di questa attrazione riguarda i tanti altri in cui nè veruna combinazione si osserva, nè novelli risultati si ottengono, come sarebbe l'incorporamento, il quale avviene fra due gocce di acqua o di mercurio poste sopra d'un piano ed avvicinate fra loro; il considerabile disgiungimento che si ammira fra due palle di piombo appiattate in una piccola parte della di loro superficie, e quindi fra loro mantenute strette per qualche tempo, quello delle due facce levigatissime unite leggermente di un qualche olio o grasso; quello che un piano può acquistare facendosi combaciare colla superficie di un liquido; l'avvicinamento di due picciole palle di vetro galleggianti sull'acqua, e poste alla distanza fra loro di più linee, l'ascensione dell'acqua nel legno, nello zucchero, nella sabbia, quella dell'olio nel lincignuolo, de' liquidi ne' corpi porosi ...

Questi fenomeni appartengono al fisico, gli altri non sono che del chimico.

28. I fenomeni presi dal fisico in esame hanno attinto il loro nome dalla circostanza in cui si osservarono la prima volta, e nella quale l'attenzione, e la premura dovettero trovarsi vieppiù impegnate attesa la novità, e la qualità del fenomeno. Essi furono chiamati fenomeni *capillari*, perchè si fecero in alcuni tubi di vetro strettissimi da potersi paragonare ad un cappello; e consistono questi fenomeni ne' seguenti risultati. Immergete dei tubi nell'acqua, si vedrà: 1. L'acqua che s'interna nei

(1) Vedete l'opera di *Herpin* di sopra citata fol. 1 pag. 270.

tubi, s'innalza al di sopra di ciò che dovrebbe innalzarsi, e presenta verso la parte di sopra una superficie concava.

2. Se l'interno del tubo è unto leggermente di grasso, allora l'acqua non s'innalzerà neppure dove dovrebbe alzarsi nelle circostanze ordinarie, ed oltre a ciò la superficie che presenta è convessa. Ma quindi a poco a poco l'acqua ascenderà nel tubo, giungerà al suo livello, lo sorpasserà sebben un poco meno di quando l'interno del tubo era pulito, ed allora la superficie superiore addiverrà concava come nel primo caso.

3. Se i tubi poi s'immergono nel mercurio, avviene perfettamente il caso secondo, senza esserci la speranza che persistendo il fenomeno, il mercurio si elevasse, ... ec. come abbiamo veduto per l'acqua quando le pareti erano unte di grasso.

Vero però che se dal mercurio si estraessero tutte le particelle estranee alla propria natura; e dalle parti dei tubi si allontanasse perfettamente ogni umidità, che potrebbe colà annidarsi, il mercurio presenterebbe effetti analoghi a quelli dell'acqua.

Casbois, Laplace, e Lavoisier avendo adoperate le precauzioni sopra dette relative al mercurio, ed alle parti interne de' tubi, ebbero i risultati che si attendevano, e poterono stabilire che se nel mercurio si scorgeva il fenomeno opposto a quelli che presenta l'acqua, il tutto proveniva da una cagione estranea appieno da quel metallo.

4. Finalmente le superficie concave e convesse essendo similissime a de' segmenti sferici; e questi addivenendo tanto più rilevanti quanto i diametri de' tubi erano più sottili, così si conchiuse che quei segmenti erano nelle diverse circostanze relative alle varie grossezze dei tubi, come i diametri di questi, e che la di loro azione non era perciò che nella ragione inversa de' diametri degli stessi tubi. Donde si rilevava che quanto più i tubi erano capillari, più il fenomeno era sensibile; e quanto più lo erano meno, tanto meno il fenomeno veniva a conoscersi. Anzi in questi fenomeni la doppiezza rispettiva che potevano avere le pareti dei tubi, per niente influiva alla maggiore, o minore elevazione de' liquidi, alla maggiore, o minore convessità, o concavità delle superficie.

29. I fisici che si consacrarono alla spiegazione di questi fenomeni, furono sì diversi nelle di loro opinioni, come furono i sistemi che adottarono. Poichè non giova-
no al corso della nostra opera citazioni e sentimenti di altri per rapporto al presente articolo, ci contenteremo di solamente ricordare: 1. Che le altezze alle quali per-
vengono diversi liquidi in uno stesso tubo, non sieguono la ragione della leggerezza specifica de' liquidi stessi, poichè l'alcool, e l'olio si elevano meno dell'acqua, ad onta che questa fosse più pesante di quelli. Lo che non ci fa più tener mente, per la spiegazione de' fenomeni capillari, all'azione di un fluido sottile; fluido che es-
sendo stato escluso dagli spazii celesti, si pretendeva ridurlo fin negli estremi angoli della natura, e quindi invitarlo alla spiegazione suddetta. E 2. Che i fenome-
ni capillari avvengono non solo nel vuoto, ma nell'aria aperta ancora; cosicchè l'opinione di coloro, che vole-
vano introdur questo elemento come la causa che li pro-
duceva, resta ora smentita perfettamente dal fatto. Quale cosa ci rimane ora capace a non farci concludere « che sia l'attrazione molecolare, e propriamente quella che dicesi *affinità* la causa de' fenomeni capillari? Neuton ua-
to per illuminare gli uomini, aveva in risultati di tal fatia letta per dir così una certa attrazione; ma avendo potuto osservare che la legge dell'attrazione universale, quella che egli aveva chiamata onde spiegare l'armo-
nia de' sistemi e della gran macchina mondiale, differiva dall'altra, cioè non era applicabile all'andamen-
to, ed all'impiego dell'*affinità* chimica necessaria per spiegare i fenomeni capillari, egli alla testa di tanti altri fisici opinò, che l'attrazione molecolare ossia l'*affi-
nità* era *sui generis*; e che se l'attrazione planetaria non che la terrestre spiegavano tutti quei moti i quali colpi-
scono i nostri sensi, l'altra ossia l'*affinità* spiegava que-
gli altri cui per conoscersi dovevano osservarsi d'avvicino. Ma l'ammetter due agenti principali nella natura non era un pensiero che avrebbe ben soddisfatto le menti de' dotti. Laplace il di cui solo nome è sì prezioso in fisica, ed in astronomia, tratto dall'idea di una forza unica in natura propose una opinione, la quale non ha mancato di produrre presso i fisici tutto quel peso, che le appre-
stava l'autore della meccanica celeste. Egli opinò, che

le distanze, le quali intercedono fra le molecole d'un corpo, sono incomparabilmente maggiori de' diametri di queste molecole, cosicchè la densità di queste dev'esser ancora incomparabilmente maggiore di quella che avevano i corpi; donde nasce, diceva Laplace, che poste due di queste molecole a' contatto, o quasi contatto fra loro, esse verranno attratte con una forza molto superiore a quella, con cui si possono attrarre due corpi qualunque, cosicchè una è l'attrazione, soltanto le circostanze possono per essa variare. Con tal divisamento Laplace dedusse che l'attrazione molecolare non seguiva altra legge, che quella della gravitazione generale, e che in conseguenza le variate scene della prima non erano che dipendenti dalla causa unica, e sola dell'universo.

L'opinione di Laplace è stata comunemente ricevuta, ad onta che de' ritrovati del celebre Davy ci volessero piegare a credere *che lo stato dell'elettricità dei corpi sia la causa dell'affinità chimica, e di tutte le composizioni, e decomposizioni* (1). Noi faremo sull'osservazioni di questo abile chimico ritorno quando tratteremo de' fenomeni che ci presenta l'elettrismo nascosto ne' corpi.

Per spiegare ora i fenomeni capillari coll'attrazione molecolare, noi non esporremo il meccanismo vario, con cui l'acqua s'elevava dal suo livello, o il mercurio s'abbassava, secondo i dispareri de' fisici. Se ci saranno d'eterna rimembranza le esperienze importantissime di Lurin, d'Hauksbèc, di Veitbrecht, e di Clairaut, adoperate pel nostro oggetto, pure sul riflesso che alcune difettavano per l'astrazione che si faceva di moltissime circostanze che accompagnano realmente il fenomeno, ed altre per l'infinita leggi, alle quali i varii casi d'attrazione venivano sottoposti, saranno da noi qui poste in non cale, e l'fisico maestro l'autor della meccanica celeste ci somministrerà i lumi sufficienti alla grande soluzione de' fenomeni capillari. I lumi di Laplace sono estesissimi, e profondi, e la matematica che essi richiegono ci dissobbliga dall'entrare in dettagli minuti; onde è che solo noi esporremo quei che immediatamente possono farsi comprendere l'elevazione, e l'abbassamento

(1) *Herpin* pag. 320.

de' liquidi ne' tubi capillari, non che la concavità o la convessità delle loro superficie.

30. Ecco i punti principali della Teoria di Laplace.

1. Quando un' azione qualunque è capace di mutar la forma esterna d'una superficie, di renderla cioè concava o convessa, come ne' fenomeni capillari, essa allora rompe l'equilibrio colle parti vicine, e deve perciò determinare in queste parti, se sono suscettive a muoversi, elevazione, o abbassamento.

2. Quest' azione per gli corpi capaci di bagnarsi, determina la formazione della superficie concava, come si osserva per l'acqua; e per quelli che non si possono bagnare, o che sono spalmati d'un corpo grasso, l'attrazione viene in parte distrutta dall'attrito delle parti secche, o unte, e determinerà la superficie convessa.

Questi due lumi ci fanno comprendere donde proviene la concavità, o la convessità delle superficie: gli altri che esporremo serviranno a farci comprendere donde proviene l'elevazione, o l'abbassamento de' liquidi nei tubi capillari.

3. Laplace ha provato che se K sia l'azione della massa piana d'un liquido che agisce sopra una colonna liquida interna *or* (*fig. 6*); h l'azione del menisco *qrstv*, ed h' quella del menisco superiore *ustx*, sarà l'azione della massa convessa *gvdc* sopra l'interna colonna *or*, $K+h'$; e sarà quella della massa concava *uxcd* sopra la medesima colonna *or*, $K-h'$. Imperocchè tutte le particelle che sarebbero contenute nello spazio del menisco *qrstv* farebbero un'azione onde elevare il liquido della colonna *or*, tolto dunque questo menisco, l'azione della massa per spingere la colonna in basso si troverà accresciuta della sua azione; ed ecco perchè si avrà $K+h$. Delle ragioni opposte valgono a farci intendere che $K-h'$ è l'azione della massa totale *uxdc*.

4. Ciò posto abbiansi due cannelli (*fig. 7*) *hs*, ed *or* comunicanti fra loro per mezzo del canale *sr*. Per legge generale il liquido, e supponiamo che sia acqua, dovrebbe elevarsi in ambo i cannelli alla medesima altezza, perchè in tutti e due l'azione K del liquido sopra la base è la stessa. Ma fingiamo ora che'l cannello *or* sia capillare, allora la sua superficie sarà concava, e l'azione espressa da $K-h'$: dunque l'azione K del can-

nello *hs* essendo maggiore dell'azione $K h'$, determinerà l'elevazione del liquido nel cannello or. Se in vece di acqua vi fosse stato mercurio, allora nel cannello or essendo convessa la superficie, l'azione sarebbe stata $K + h$, e perciò maggiore dell'azione K dell'altro cannello: dunque nel cannello suddetto ha dovuto aver luogo l'abbassamento.

Possiamo credere che con questi pochi lumi si possano spiegare i fenomeni de' tubi detti capillari. Noi andremo a citare altri fenomeni, che nella sopradetta teoria possono rilevare la di loro ragione.

31. 1. Se prendiamo due lastre, e parallelamente fra loro le immergiamo nell'acqua, si vedrà che stando esse ad una distanza picciolissima l'una discosta dall'altra, l'acqua ascenderà fra di esse formando una superficie concava verso il di sopra. Il fenomeno sarebbe tutto all'opposto se in vece d'acqua s'introducesse nell'esperimento il mercurio. La spiegazione è di già detta.

2. Se due lastre poi sono unite ad angolo acutissimo, e s'immergono in modo nell'acqua da essere la linea d'unione perpendicolare sul liquido, si vedrà questo ad un subito alzarsi fra le lastre, e presentare una superficie concava *iperbolica* come risulta dal calcolo. Questo fenomeno si rapporta al di già detto di sopra.

3. Se una goccia d'acqua viene introdotta in un tubo di forma conica, e situato in modo che il suo asse sia orizzontale, quella si porterà rapidamente verso la sommità del tubo. La ragione è che questa goccia ha ambedue le facce concave, di cui l'una ha un diametro più piccolo che l'altra, e per conseguenza un'azione più forte (28. 4). Ma questa essendo *negativa* (30. 3), la goccia dell'acqua proverà dalla parte della superficie maggiore una pressione, o urto maggiore, ed una minore dalla superficie minore: essa dunque dovrà muoversi verso dove proverà minore resistenza, cioè verso la sommità del tubo. Il contrario accaderà ad una goccia di mercurio..... ec. ec.

4. I corpi grassi i quali sono naturalmente liquidi, o che si possono sciogliere dal calore, s'elevano per gli stoppini di cotone a poco a poco fino al fuoco del calorico; si distillano, e producono il gas idrogeno per carbonato, che è desso stesso la fiamma, poichè questa secondo Davy non è che una materia gassosa. A questo

fenomeno si possono rapportare infiniti altri consimili, e tutti non ripetono che la medesima spiegazione.

5. I corpi galleggianti sulla superficie dell'acqua presentano ancora de' fenomeni capillari. Supponiamo due palle di vetro alle quali l'acqua si attacca; queste avvicinandosi ad una piccola distanza si attireranno, e si uniranno; poichè l'acqua, che evvi nel di lor mezzo scompare, e quella che evvi dalla parte esterna le urta all'unione. Supponiamo in secondo luogo che siano ambo di cera; l'acqua farà all'intorno di esse un solco; onde è che avvicinandosi non si farà che un fossetto per ambedue in dove le palline andranno a cadere. Finalmente se una pallina è di cera ed un'altra di vetro, esse non si uniranno giammai.

6. « Le dandriti, o orborizzazioni che adornano la superficie di certe pietre calcaree o margose derivano da una simile cagione. Fra queste pietre alcune sono piene di fisure, nelle quali si è introdotto un liquido carico di molecole di manganese, o di qualche altro minerale e vi ha lasciata qualche deposizione metallica; e poichè queste fisure formano come una specie di ramificazione che spesso sono in comunicazione con una fissa principale, l'artista procura di toglier la pietra in una direzione conveniente, affinchè tutte le sue ramificazioni si sviluppino nell'istesso piano, sicchè esse presentino l'aspetto come di piccolo albore, il tronco del quale è nel luogo della fissa principale. Altre pietre sono composte di piccole foglie, fra le quali è penetrato un simile liquido, e vi si è diffuso attraverso di vene, formando alcune dandriti composte di particelle metalliche poste in linea l'una colle altre; quindi basta staccare le piccole foglie, e sopra ciascuna delle facce che si uniscono si vede un piccol disegno che è totalmente opera della natura ».
(Haüy. fis. T. I. p. 224.)

7. L'economia de' vegetabili, e degli animali prova negli effetti della capillarità, e l'ascensione de' liquidi dalle radici fino a delle considerabili altezze negli uni, e le esalazioni negli altri prodotte alle superficie cutanee, e polmonali non forse esistono che per l'azione assorbente, la quale s'esercita o nell'interno delle vie digestive, o in altre cavità naturali, le quali sono abitualmente umettate. I naturalisti hanno fatto una estesa applicazione

della capillarità all' economia animale, sul riflesso che se in un tubo d' un millimetro di diametro l' acqua si eleva fino a trenta millimetri al di sopra del suo livello, e l' mercurio vi si abbassa di tredici millimetri, dunque il liquido che passa ne' tessuti organici per canali infinitamente più delicati deve provare un' ascensione proporzionatamente più considerabile. Ma affinchè quell' applicazione non divenga falsa bisogna non perdere di vista le proposizioni seguenti:

» 1. Uno spazio qualunque intieramente pieno di liquido non saprà esercitare alcuna azione capillare.

2. Una cavità capillare le di cui pareti sarebbero flessibilissimi, e suscettibili d' un facile ravvicinamento, non saprà esercitare verun' azione di capillarità.

3. La natura della sostanza che v' ha attualmente nella superficie interna d' uno spazio capillare, determina la sua maniera d' agire sopra i liquidi, qualunque sia d' altronde la natura delle pareti esse stesse; è così che un tubo di vetro bagnato nell' interno eleva l' acqua, e che l' medesimo unto di grasso nell' interno abbassa il livello dell' acqua. (Pelletan, *Phys. Medecinale* T. I p. 397.)

Il numero de' fenomeni che potrebbe apportarsi qui onde applicar loro la spiegazione de' tubi capillari, è certamente indefinito: ma noi tralasciandoli ad altre mani, non ci riserberemo che l' esame di quelle proprietà osservabili ne' solidi, ne' liquidi, e ne' fluidi aeriformi, che risultano, o sono esse stesse tanti effetti dell' attrazione molecolare. Tale esame avrà luogo nel libro che seguirà.

Conclusione.

Da tutte le lezioni fatte nel libro primo della nostra fisica risulta che noi non abbiamo finora parlato che delle proprietà generali della materia, e di quelle soprattutto che potevano considerarsi come condizioni essenziali alla di lei esistenza. Fra queste condizioni è stata posta ancora la mobilità, e lo studio di questa, avendoci fatto riconoscere un avvicinamento universale fra tutti gli elementi, e corpi della natura, ci ammise alle grandi discussioni che l' attrazione de' cieli, della terra, e delle molecole ad ogni passo valevano ad offerirci.

Adesso, ed in tutto ciò che seguirà, le nostre investigazioni non saranno sì generali, seguiremo le divisioni degli esseri, onde veder meglio ciocchè ad ognuna si deve di particolare.

LIBRO SECONDO

DELLA FISICA

Studio di tutte le proprietà che alla materia competono, considerata principalmente nello stato solido, quindi nello stato liquido, e finalmente nello stato aeriforme.

NOZIONI PRELIMINARI.

32. Non è la sola forza attrattiva quella, a cui gli effetti tutti della materia debbono rapportarsi, poichè molte ne esistono che da quella non sembrano assolutamente provenire; l'accrescimento di volume, per esempio, che ne' corpi sottoposti all'azione di agente esterno, suole ordinariamente osservarsi, da tutto altro fuorchè da quella è necessario che si faccia derivare.

Ciò posto, una proprietà, o un fluido invisibile inalterabile, goder debbono tutti i corpi, onde produrre quegli effetti, ed offrire all'osservatore i dati della di loro spiegazione.

Ma che cosa è quel fluido invisibile e nascosto in tutti i corpi? Egli è ciò che diciamo calorico, o principio elasticissimo, eminentemente sottile, sparso in tutto l'universo, e che penetra in ciascuno de' corpi, tendendo sempre a mettersi in equilibrio: principio di cui se prima l'origine si attribuiva al movimento vibratorio delle molecole della materia, ora l'esistenza reale se ne poggia su di un gran numero di fenomeni.

I risultati principali, che dal calorico abbiamo, ed a cui tutti gli altri debbono rapportarsi sono il dilatamento, e l'elevazione di temperatura. Ora se in tutti i corpi evvi da ammettersi del calorico, già in tutti evvi da riconoscersi una forza che tende continuamente almeno a separare le parti componenti fra di loro. Ma abbiamo di già detto

che la forza attrattiva è generale alla materia ed a tutte le sue parti compete, dunque fra queste parti siam tenuti a riconoscere quasicchè due forze l'una opposta all'altra, in modocchè le molecole attratte e contemporaneamente respinte non sono più che in alcune continue oscillazioni, senza per altro trapassare alcuni dati limiti, che la natura de' corpi, a cui quelle molecole competono, possa determinare.

Ecco quì due agenti stabiliti dalla natura, ed inerenti a tutti i corpi, ed a tutte le molecole primitive della materia, continuamente operando l'uno sull'altro, e restando ora quasi in pieno equilibrio fra loro, or l'uno all'altro superiore o inferiore.

Le vicende o i risultati di queste alternative sono osservabili, e degne dell'attenzione, comechè son quelle che ci vengono a determinare la solidità in alcuni corpi, la fluidità in altri.

Fingiamo che l'attrazione predomina fra le molecole, ed il calorico ne sia molto al di sotto; queste staranno aderentissime fra loro, in modo che qualunque disgiungimento non deve che premettere uno sforzo sensibilissimo. Ma supponiamo che un corpo riceva quantità addizionali di calorico; esso perdurerà nel suo stato di solidità finchè l'affinità, non ostante gli aumenti del calorico, resterà di questo vincitrice; passerà egli è vero per tutti i gradi di dilatazione, ma senza giammai giungere al segno di effettuar la divisione di questo corpo.

La materia si dirà nello stato solido tutte le volte che è nelle surriferite circostanze.

Seguifiamo a supporre che l'azione del calorico cresca fino a preponderare sull'affinità; le molecole de' corpi allora incominceranno a perdere la di loro disposizione primitiva, si disporranno in situazioni meno favorevoli all'affinità, ne ripiglieranno un'altra, ed ammoliti di grado in grado arriveranno allo stato di fluidità: metalli, pietre, sostanze durissime esposte all'azione del calorico, a raggi del sole riconcentrati nel fuoco di uno specchio, o all'azione di una lampada animata da una corrente d'ossigeno, diverranno perfettamente fluidi, ossia liquidi (1). E se finalmente il calorico crescerà fino a

(1) Prima del Newton si faceva eccezione da questa legge ge.

quasi distruggere del tutto l'affinità, i liquidi svolzeranno, come i vapori dell'acqua, addiverranno invisibili, le di loro molecole si repelleranno a vicenda, ed una forza esterna sarà allora necessaria onde rattenerle. Questa specie di fluidità si dice *aeriforme*.

Quindi *corpi solidi*, *corpi liquidi* o *fluidi*, e corpi *aeriformi* numereremo nella natura.

Questa ce l'ha presentati di già fatti, e noi attendendo al gioco, ed alle alternative di quelle forze ce ne abbiamo ideata l'origine. Dunque conchiuderemo che se l'affinità è la causa primogenita della *solidità*, e l'calorico quella della *fluidità*, non si debbono gl' infiniti stati che fra questi due noi possiamo numerare, che alle combinazioni varie dell' affinità, e del calorico. Partendo da un dato non giusto, che agisca cioè soltanto l'affinità, il corpo non sarebbe che nello stato di solidità assoluta; ed agendo soltanto il calorico, esso non sarebbe che in quello di fluidità assoluta: Ma la natura non ci presenta questi stati: oltre a ciò dobbiamo ancora conchiudere che non v' ha solido che non possa passare a liquido, e quindi a fluido, aeriforme, come vi sono moltissimi fluidi che possono passare a liquidi, e tutti i liquidi allo stato di solidità quando diminuzioni analoghe di calorico hanno luogo: i vapori per esempio, le nubi abbandonate dal calorico si riducono ad acqua; e l' mercurio stesso quel liquido sì permanente, che si credea non potersi ridurre a solido, tale addivenne quando nel 1759 da Braun, e da Epino si fece congelare in un termometro, quale fu esposto ad un grado di freddo artificiale fino a scendere il mercurio al grado $170\frac{2}{3}$ sotto del zero della scala (1).

nerale il diamante che è il più duro di tutti i corpi conosciuti: ma Neuton prevede, che anche questo doveva essere combustibile. Di fatti in Firenze essendo stato esposto al fuoco della lente di Ischirnau-sen, esso incominciò a bruciare; e Davy che nel 1814 rinnovò l' esperienza, ne vide placida la luce, e di un rosso sì vivace, che non poteva essere eclissato dal più vivo splendore del sole.

(1) Questo abbassamento però non è necessario per la solidità del mercurio. Black, e Cavendish con uno apparecchio semplicissimo osservarono che il congelamento si otteneva dal mercurio quando il Termometro scendeva fino al grado $(31\frac{1}{2} R)$ sotto del zero. Questo apparecchio non consisteva che in un matraccio di vetro ripieno

Le considerazioni fatte fin qui sono delle più generali, ed interessanti; e l'aver ridotti tutt' i corpi della natura all' azione imponente de' due grandi principii affinità e calorico, ci abbiain poste quasi sott'occhio non solo la natura stessa, ma le trasformazioni de' corpi ancora. Quindi diamante, Alcool, acqua, mercurio, cui l'osservazione ci ha fatto mirare ciascuno costituito nel proprio stato, non sono che forme passeggere, aspetti diversi di materia, cui un dato rapporto di affinità e calorico ha lasciato determinare.

Ma non son tutte le considerazioni, che noi qui dobbiamo fare. Se questi agenti esistono, ed operano nei corpi, essi stessi poi vengono forse determinati e nell' energia, e ne' rapporti reciproci che possono avere, dalla natura, dalla forma, dalla posizione.... dalle molecole primitive: ed ogni corpo particolare per la natura e per noi non è che il risultato di queste date molecole, e delle forze che vi operano. Questo risultato sovente ci presenta effetti o proprietà singolarissime, e talvolta anche contrarie, ci fa vedere la fragilità a fianco della durezza, la mollezza unita all' elasticità. Noi di ciò non sappiamo dare alcuna spiega. In quelle combinazioni di forze, in quelle forme, e posizioni delle molecole, in quelle azioni che le forze possono su di queste spiegare, in quei rapporti che acquistano, in quelle posizioni e forme che determinano allorchè le molecole si uniscono, in quell' abisso in somma di attività, e di stupore, tutto è stabilito, e contenuto; ed a noi è negato il penetrar fin là.

Intanto affm di esaminar tutto con chiarezza e precisione, noi intraprenderemo questo libro dallo studio delle

di mercurio, e circondato di materie frigorifere; dentro a questo mercurio si metteva un piccolo termometro a mercurio; e si vedeva che questo progressivamente scendeva nel tubo del termometro finchè non principiava la congelazione di quello contenuto nel matracco, e si fermava per tutto il tempo della congelazione dello stesso: allora il grado indicato dal mercurio del termometro corrispondeva a $31\frac{1}{2}$ gradi di Reaumur. Giova qui ricordare che il metallo ridotto allo stato di solidità è sì freddo da produrre una forte scottatura; lo che giustifica l'espressione de' poeti, i quali dicono un *freddo che brucia* quando vogliono indicare o esprimere un freddo rigidissimo.

proprietà particolari, che alla materia nello stato solido appartengono, per quindi passare a quello che alla stessa competono nello stato liquido, e nello stato aeriforme.

RICERCHE SOPRA I CORPI SOLIDI.

Loro proprietà.

33. *Cristallizzazione.* Tutti i corpi solidi presentano una forma sovente irregolare da non potersi cioè rapportare a veruna forma geometrica, ed anche se si osservassero le di loro molecole giammai veruna regolarità da noi si ammirerebbe: lo che ci farebbe decidere a prima vista che un disordine avesse preseduto alla di loro aggregazione.

Ma uno studio più profondo sulla natura de' corpi ci ha fatto imbattere in alcune circostanze ove sembra che la di lor composizione sia stata soggetta a leggi fisse e costanti. Se si considera un corpo solido, como il solfato di soda, e che avendolo immerso in un liquido, le sue molecole sono andate a separarsi, avverrà che a misura il liquido le abbandona per via dell' evaporazione e di altra maniera, esse si avvicineranno in virtù delle di loro attrazioni scambievoli; ma come se queste avessero una sorta di volontà, si ricercano con elezione, e si mischiano in una disposizione regolare, e di forma geometrica. I corpicciuoli che ne risultano dietro quel primo avvicinamento, si dicono *cristalli*.

La forma di questi è variissima, anche per quelli che sono originarii d' una stessa sostanza. Ma se questi cristalli originarii d' una medesima sostanza si dividono giusta alcune date maniere, si arriverà ad ottenere un *corpicciuolo regolare* che è lo stesso per tutti. Se si analizzano altri cristalli i quali sono originarii d' un' altra sostanza, si perverrà pure ad un altro *corpicciuolo regolare* diverso dal primo; e così analizzandosi tutti i cristalli che ci può presentare la natura, noi giungeremo a quelle *quantità costanti* ossia a quei corpicciuoli, detti *Noccioli* nella Chimica, e che tutti si possono ridurre a cinque classi; cioè al tetraedro regolare, al parallelepipedo sia di forma romboidale, sia di forma cubica.... ec., all' ottaedro comunque abbia i suoi triangoli o equilateri, o isosceli, o scaleni, al prisma esaedro regolare, o al dodecaedro la cui superficie è composta di 12 rombi eguali e simili inclinati

fra loro ad angolo di 120° . Queste sono le forme de' cristalli, dette *primitive* per distinguerle da quelle sotto le quali a noi i cristalli si presentano, quando s' incominciano a dividere onde ottenere quei *noccioli*.

Quest'altre numerose forme diconsi *secondarie*.

Se cerchiamo poi di dividere, e suddividere un nocciolo, si perverrà in fine di tutte le analisi alle così dette *molecole integranti* de' cristalli, le quali molecole esse stesse presenteranno una forma regolare per una data specie di noccioli, una forma diversa per un'altra specie, e così di seguito. Si crederebbe qui che siccome cinque sono le forme primitive, così cinque esser dovrebbero le forme delle molecole integranti. Ma l'osservazione non ci ha presentate finora di queste che tre diverse forme regolari, che sono il prisma triangolare, il tetraedro, e 'l parallelepipedo.

Finalmente queste molecole onde formare i noccioli, e tutto quell'altro di più di materia che attorno a' noccioli si vede, necessario onde comporre le forme dette *secondarie*, sieguono alcune date leggi concernenti la di loro disposizione. Siccome lo studio di queste leggi non che i particolari tutti che le combinazioni accompagnano, costituiscono un ramo importante della storia naturale, così noi desisteremo quì da ogni ulteriore esame che circa i cristalli si potrebbe stabilire.

34. La porosità de' solidi è bene comprovata. Solo è qui da riflettere a quell'inzuppamento che i corpi solidi godono, quando cioè le particelle di un liquido s'introducono ne' di loro interstizii per restarvi più o meno fissati. Questo fenomeno quantunque sia dovuto all'affinità, pure la di lui esistenza non è che dietro quella della porosità. La divisibilità, e l'impenetrabilità di essi son ben conosciute, ed osservate; e la mobilità che in generale annunziamo come essenziale alla materia, presenta delle modificazioni che non dipendono che dal di loro stato. Infatti noi possiamo numerare quattro specie di movimenti possibili per i corpi solidi. 1. Quello detto di traslazione totale, che è quando le di loro molecole perchè unite fra loro, unitamente si muovono, e l'urto comunicato ad una di esse si propaga per tutte le altre, ed il movimento ha luogo. 2. Un movimento di rotazione intorno ad un asse, quale è quello della terra, de' pianeti, del

sole intorno a diametri che servono loro di asse. 3. Quello del ravvicinamento, e dell' allontanamento reciproco che le molecole de' corpi debbono avere, dovuto il primo all' attrazione, al calorico il secondo. 4. E 'l movimento detto di *vibrazione*, il quale come vedremo, produce il suono ne' corpi solidi elastici.

35. L' affinità inoltre produce ne' solidi: 1. La *durezza*, ed è questa sempre in ragione dell' attrazione, e della forma delle molecole che li costituiscono: E consiste nella proprietà che hanno i solidi di lasciarsi rigare, o tagliare gli uni per gli altri. Il diamante è la sostanza più dura che abbiamo; ed i metalli serbano de' varii gradi il seguente ordine, il tungstene, il manganese, il ferro, il platino, il rame, l' argento, il bismuto, l' oro, il zinco, l' antimonio, il cobalto, lo stagno, l' arsenico il piombo...

2. La *tenacità*, la quale consiste nell' affinità delle molecole da non lasciarsi separare le une dalle altre, da alcune date forze opposte a quell' affinità: e non è da confondersi colla durezza; poichè non sempre quei metalli che sono più duri, sono più tenaci. Se scriviamo infatti alcuni dati metalli secondo i varii gradi della di loro durezza, noi abbiamo:

Il ferro, il platino, il rame, l' argento, l' oro, il zinco, lo stagno, il piombo, e scrivendoli poi secondo i varii gradi della tenacità abbiamo:

Il ferro, il rame, il platino, l' argento, l' oro, lo stagno, il zinco, il piombo.

La tenacità inoltre è stata studiata con molta cura da Mussembroeck, allorchè questo gran fisico stabiliva delle dotte esperienze sopra quella che ci può presentare ogni sorta di legna. In seguito de' suoi ritrovati si vide che il faggio, e la quercia erano i più tenaci. Lo stesso rivalse le sue osservazioni sopra le corde, il di cui tessuto come si sa è tortuoso; e dedusse dall' esperienza, e dalla ragione, che la tenacità sarebbe massima, quando tutte le fibre componenti le corde fossero parallele: che questa tenacità si va rendendo minore a proporzione che esse si torcono; che questa torsione se giunge a diminuir d' un quinto la lunghezza delle corde, essa è pregiudizievole alla tenacità sino a distruggerla; e che finalmente la torsione stessa sino ad un dato termine è neces-

saria , ed indispensabile , perchè non è possibile , di far sostenere ad un numero qualunque di fili paralleli un dato peso ; questi fili , poichè non sarebbero tutti di eguale lunghezza alcuni sopporterebbero quel peso ed altri no ; quindi si romperebbero i primi , e tutti gli altri in seguito a poco a poco : ma quando poi sono ritorti il peso è uniformemente distribuito in tutti quei fili. 3. La *duttilità* la quale consiste nella proprietà che alcuni solidi hanno di potersi estendere quando vengono percossi , o assoggettati ad una pressione, senza riprendere la forma che prima avevano ; la cera , l'oro , l'argento sono tutti duttili , o malleabili. Questa proprietà è la più preziosa per i metalli quando si debbono adattare alle arti , e agli strumenti : È per questo che gli antichi dicevano esser perfetti quei metalli che la possedevano ad ultimo grado di perfezione. Vero è però che la somma duttilità porterebbe seco una specie di mollezza o di flessibilità , perchè in sostanza la *mollezza* non è che l'ultimo e 'l più alto grado della duttilità. A questo inconveniente si è riparato coll' uso della lega , cosicchè quell' oro che isolato male avrebbe conservate le forme impressegli, unito al rame in una data ragione, è giunto ad indurirlo fino ad un segno notabilissimo. 4. La *flessibilità* , la quale consiste nella proprietà che possiedono i corpi solidi di lasciarsi curvare fino ad un dato punto ; dopo di che essi possono o ritenere la ricevuta forma, come avviene ne' corpi duttili, o possono ritornare a quella che avevano, come si osserva ne' corpi elastici. Questa proprietà marcia presso a poco come la duttilità , e 'l vantaggio che apporta alle sostanze ed alle arti è ben considerevole ; le sostanze coll' esser flessibili non sono sì soggette a rompersi , e le arti in virtù di essa le hanno potuto disporre a più usi.

Si è osservato che quanto più esse sostanze presentano molta lunghezza in proporzione della grossezza hanno maggiore flessibilità ; e che inoltre tutte quell' altre , le quali a noi compariscono comechè formate dalla sovrapposizione di lamine sottili , o di tessuti delicati , godono nel grado estremo la surriferita proprietà. 5. La *estensibilità* finalmente non ripete la sua primitiva origine che dall' affinità , poichè con consiste che nella facilità che tengono i corpi solidi di allungarsi verso di un dato senso dietro una o più forze che agiscono. Noi ab-

biamo in questo caso, allontanamento di parti, cui l'affinità non ha puranche lasciata. Onde è che secondo il predominio di questa forza nelle sostanze, e secondo la disposizione convenevole delle fibre e la di loro conformazione, tali sostanze debbono godere più o meno di estensibilità.

36. Oltre delle proprietà finora accennate, due altre possiamo qui citare comechè ben degne dell'attenzione del fisico. Esse sono la *compressibilità*, e la *elasticità*. La prima, generale e sensibilissima nei corpi *porosi flessibili*, quasi per niente o poco apprezzabile negli altri corpi, è la proprietà che tengono alcuni corpi solidi di poter diminuire di volume dietro la pressione che loro s'applica d'un'azione esterna; e si distingue da ciò che appellasi condensazione de' corpi, poichè questa ha luogo nel passaggio che i corpi fanno da una temperatura calda ad un'altra più fredda. Non reputo d'avvantaggio l'estendermi a provare che se i corpi non sono porosi, e nel tempo stesso anco flessibili, essi non possono essere compressi, poichè le ragioni ad ogni picciola osservazione valgono a comprovare tal punto pienamente. Solo ricorderò al lettore, che i metalli qualche volta perdono della loro densità dietro che si sono martellati, dietro cioè che si cercava comprimerli; e l'motivo non si ripete da altro fonte se non dalla nuova conformazione, che prendono le fibre, conformazione che le rende in qualche modo isolate le une dalle altre.

L'elasticità poi ne' corpi solidi è quella proprietà in virtù della quale le di loro particelle alquanto spiazzate ritornano con più o meno di velocità, e più o meno completamente al di loro stato primitivo. Questa proprietà si rileva patentemente quando un corpo essendo stato compresso, esso ritorna dietro un dato numero di oscillazioni al suo stato primitivo.

Questa proprietà patentemente conosciuta dopo la compressione indusse i fisici ad emettere una proposizione ben nota, cioè *tale corpo è elastico, dunque esso è compressibile*.

Ma la falsità di questa assertiva è altrettanto ben manifesta, se si osserva che non tutti i corpi i quali manifestano elasticità sono stati realmente compressi; e che ne' corpi elastici la compressibilità è dubbiosa, e presso alcuni anche incalcolabile.

Per giungere alla spiegazione di questa proprietà il migliore consiglio è quello di partir da un principio, cui tutte le osservazioni ci debbono somministrare per vero; cioè che le due forze attrazione, e calorico ammesse in tutti i corpi, debbono in ciascheduno di essi spiegare quei rapporti dalla natura determinati de' corpi istessi; e perciò che quando questi rapporti vengono alterati sia coll' avvicinarne alcune parti, sia coll' allontanarne delle altre, queste parti pretendono di rimettersi all' antica forma, ossia di ripigliare quei rapporti. Ciò posto cerchiamo di premere un corpo, e sia questo di forma sferica; nel diametro corrispondente a' punti della pressione quella verrà compressa, ossia le sue parti saranno ravvicinate, nel mentre che tutte le altre relative a diametri trasversali si saranno allontanate: e ciò si potrà rilevare facendo cadere una palla d'avorio sopra un piano duro leggermente unto di olio; la palla che non dovrebbe che toccarlo in un punto, lo toccherà nell' urto in molte parti fino a formarsi una grossetta macchia circolare nel piano istesso (1). Ora quelle parti che si erano allontanate oltre del naturale, si rimettevano nell' antico posto, perchè l' attrazione molecolare agirà sopra di esse onde restituircele, e quelle altre che si erano avvicinate, si repelleranno l' une dalle altre, perchè il calorico interposto fra esse non mancherà di riagire per questo allontanamento. Anzi questi ritorni reciproci saranno sì continuati e violenti, che la sfera per qualche tempo sarà in moltissime oscillazioni, e la sua figura in uno sferoide ora in un senso ed ora nel senso diametralmente opposto.

Si può considerare una lamina d' acciaio, quando tenuta fissa per una parte, si tocca, ossia si piega nell' altra; essa oscillerà per più tempo, e si vede che di questa lamina alcune parti sono ravvicinate, ed altre allontanate; il ritorno, e l' oscillazioni non sono che analoghe a quelle della sfera. Non mancherà d' osservarsi lo

(1) Questo esperimento può non indicare la compressibilità del marino, e della palla che cade, se si rifletta che quella macchietta può esser prodotta dallo spostamento violento, che l'aria subisce nell'atto che la palla vada a percuotere il marmo. A questa difficoltà si potrebbe però rimediare col dire che il fenomeno della macchia avviene anche nel vuoto, sebbene molto più piccolo. Ma che cosa si potrebbe poi rispondere ad altri, che dicessero, che tutti i corpi immersi nell'atmosfera, ed anche quelli che si concepiscono negli spazii vuoti, sono accerchiati da uno strato leggerissimo d'aria?

stesso quando cerchiamo di stendere un tendine per quindi lasciarlo a se stesso: alcune parti si ravvicineranno, e delle altre si allontaneranno. In somma il fenomeno quì si può considerare come generale, e la spiegazione non lo deve essere da meno. Uopo è quì ricordare che Neuton postosi a considerare questa proprietà, egli ne aveva voluto assegnare il calorico quale causa unica senza avvedersi dell'insufficienza della sua spiega; e Cartesio partendo sempre dai suoi vortici, era ricorso alla resistenza d'una materia sottile particolare sparsa fra le molecole de' corpi stessi.

Relativamente all' elasticità conviene ricordare tre cose: 1. Generalmente parlando i corpi, che sono più duri sono ancora i più elastici, e quelli che sono i più duttili, lo sono di meno (1). Scrivendo i sei metalli a noi più noti in ordine relativo primo alla durezza, poi in ordine all' elasticità, ed in terzo luogo in ordine alla duttilità, noi rileveremo la verità dell' esposto. Ecco quì sotto un quadro:

Ferro, rame, argento, oro, stagno, e piombo

Ferro, rame, stagno, oro, argento, piombo

Oro, argento, rame, ferro, stagno, e piombo.

2. Siccome vi sono de' corpi ad un tempo durissimi e friabilissimi, così vi sono ancora de' corpi elastici, e molli nel tempo stesso. Se abbiamo da citare l' *Euclasia*, pietra verdastra trasparente che si trova nel Perù per comprovare l' unione della durezza, e della fragilità in una medesima sostanza; dobbiamo poi ricordarci di ciocchè diciamo gomma elastica per ammirare la mollezza a fianco della elasticità. Donde tali anomalie, noi dobbiamo metterci avanti gli occhi ciò che altrove si disse, cioè che tutto stava stabilito e determinato nelle forme, e posizioni delle molecole materiali, nella combinazione delle forze, ne' rapporti reciproci che acquistavano, e non che in tutto altro che accompagna la formazione de' corpi, e l' unione delle molecole.

(1) La ragione di ciò s' intende se si riflette, che i metalli meno sono duttili, più vi bisogna dello sforzo necessario allo spostamento totale delle particelle, e perciò sotto ad uno sforzo determinato vi sono più particelle che non ubbidiscono a quello spostamento momentaneo, e quindi in tutte deve concepirsi più celerità a ritornare alla posizione naturale.

3. Poichè tutte le arti sono piene d'applicazioni importanti, ed ingegnose della forza di elasticità, così si è cercato trovare in ciascun corpo un mezzo opportuno onde farlo addivenire più elastico. Alcuni come il vetro manifestano la di loro elasticità ridotti in forma sottile; altri ne acquistano una maggiore in forza della tempra come l'acciaro; o in virtù della lega o del martellare come tanti altri. La ragione poi che possa spiegare tutti questi fatti è ben difficile d'indicare. Conosciamo, egli è vero, che battendo i metalli si vengouo le di loro parti più ad avvicinare, che colla lega si rendono due metalli dietro la di loro mistura e più duri, e più rigidi, e più elastici; che un acciaio temprato presenta volume maggiore di quello che presenterebbe se si fosse naturalmente raffreddato; e che le di lui molecole interne presentano una densità minore di quella che presenta lo stato esterno, ma ciò non ostante non possiam dire come il martellare, la lega, e la tempra oprino tali risultati, e nè come questo per esempio rende più malleabile e molle la lega di rame e stagno, e nè perchè niente agisce sull'oro, sull'argento..... (1).

Pesi specifici de' corpi solidi.

37. « Supponiamo una serie di corpi di diversa natura, e di volume eguale. Se con una bilancia ordinaria si pesino successivamente tutti questi corpi, per stabilir l'equilibrio saranno necessari pesi diversi secondo la diversa loro densità. Se supponiamo inoltre, che dopo aver scelto per termine di paragone uno di questi corpi per esempio il più leggiero, si rappresenti il suo peso coll'unità, esprimendo poi il peso di tutti gli altri corpi con un numero relativo a questa unità, si avranno i rapporti fra i pesi de' differenti corpi paragonati ad una misura comune, ossia le gravità specifiche, o *pesi specifici* di questi corpi ».

(2) Credo di non poter fare più gradito ufficio al Lettore quanto quello di rimandarlo per l'estesa conoscenza di tutte le proprietà accennate relative a corpi solidi, alle fisiche elementari di Pelletan, e di Ecudant. In esse troverà tutto ciò che l'ingegno, e l'osservazione han saputo somministrare a vantaggio della scienza, e dell'arti.

Questo metodo qui indicato può trovare però molti inconvenienti, come sarebbe quello di non poter dare ad un corpo, di cui si cerca il peso specifico, un volume eguale a quello che avrebbe il corpo preso per unità: e di dover creare, o immaginare de' corpi o assolutamente densi, o assolutamente leggieri per formare di questi i corpi presi per unità. I Francesi nel di loro sistema metrico stabilirono per unità di peso un centimetro cubo di acqua distillata ridotta al massimo della densità. Ma gl' inconvenienti esistevano sempre, e questo tipo di densità assoluta non era affatto ammisibile parlandosi a rigore. Quindi fu d' uopo venire ad altri metodi tutti poggiati su quel famoso principio escogitato da Archimede forse quando voleva indovinare quanto di oro, e quanto di argento era stato posto in una corona, cui il Re Gerone aveva fatto costruire. Questo principio fu *« Che un corpo immerso nell' acqua perde tanto dal suo peso assoluto quanto può pesare un volume d' acqua scacciata, ed eguale al volume del corpo immerso »*. Con questo principio potendosi stabilire il rapporto fra il peso del corpo, e quello di eguale volume d' acqua, si credette di poter stabilir questo liquido da misura comune a pesi specifici de' corpi.

Affin d' applicar questo famoso principio alla ricerca de' pesi da noi stabilita, fa mestieri misurare il corpo pria nell' aria, e quindi nell' acqua; la differenza fra 'l primo peso, ed il secondo sarà il peso del volume d' acqua discacciato: Ora questo volume è eguale a quello del corpo; dunque i pesi dell' acqua, e del corpo essendo sotto un' medesimo volume, daranno la proporzione.

p (peso assoluto dell' acqua) sta a p' (peso assoluto del corpo) come 1 . (peso specifico dell' acqua)

sta ad x (peso specifico del corpo dato); cioè p :

$p' :: 1 : x$, $x = \frac{p'}{p}$; risultato che fa conoscere che il peso specifico di un dato corpo è eguale al suo peso assoluto diviso per quel peso che ha perduto nell' acqua.

A questo metodo bisogna aggiungere delle precauzioni, o delle altre operazioni sussidiarie, quando si trattasse per esempio o de' corpi che si sciolgono nell' acqua come i sali, o di quelli che se ne imbevono, come generalmente sono quasi tutti i corpi porosi. Per i primi

fa d' uopo immergerli in altri liquidi , come nell' alcool ; nell' olio di terebinta , nel mercurio. . . ec. ove la dissoluzione non ha luogo : si opererà come precedentemente colla sola differenza che in vece di *uno* nella proporzione già indicata.

$$p : p' = 1 : x$$

Si mette *a* quantità che esprime il peso specifico del liquido relativamente all' acqua , e s' avrà

$$p : p' = a : x$$

Per i secondi poi è necessario vedere il quantitativo dell' acqua , di cui i corpi se ne imbevono , e tenerne conto. Per esempio un corpo bibulo di questi pesa tre grammi ; essendo stato immerso nell' acqua , ha dovuto scacciare un volume d' acqua eguale al volume del corpo. Si pesa questo volume , e da questo peso si sottrae quello che darebbe l' acqua di cui il corpo si è imbevuto. Sia per questa differenza : e si scriverà la proporzione $p : 3. :: 1 : x$, =

38. Per ottenere con qualche precisione tanti diversi risultati Nicholson ha formato un istrumento adattatissimo, il quale perchè molto somigliante a quegl' istrumenti chiamati *areometri* fatti per trovare i pesi specifici de' liquidi relativamente all' acqua , anche areometro fu detto. La figura 8. ne presenta uno ; esso è di latta vuoto nel di dentro , e soltanto la parte G si riempie di mercurio, o di pionibo , affinchè il centro di gravità di questo istrumento sia nel di sotto , ossia nella parte più bassa dell' areometro. L' uso che andremo a spiegare meglio ne determinerà le sue parti. S' immerge questo istrumento nell' acqua ; esso vi galleggerà sicuramente , nè s' inclinerà nell' acqua perchè si è di già avuta la precauzione di stabilire in G il centro di gravità. Nel bacino A si mettono tanti pesi quanto sono necessari onde l' istrumento s' affiori sino alla linea C , e questi pesi bisogna che siano ben stabiliti ; e che si tengano a memoria. Supponiamo che giungano a 10. gramma.

Mettiamo ora nel bacino il corpo , di cui si vuol conoscere il peso specifico ; ma è d' uopo badare che questo corpo non deve essere più di 10. gramma , perchè allora l' areometro s' affonderebbe e l' esperimento non si potrebbe più eseguire : dunque sia più leggiero.

Mettendosi nel bacino A, egli è chiaro che l'areometro non si affiorirà; per farlo affiorare si aggiungano quei pesi necessarii; siano questi 3 grammi; dunque il corpo in quistione avrà di peso assoluto 7. gramma. Ciò posto questo stesso corpo si metta nel secchietto E; egli perderà qualche cosa di peso, e bisognerà aggiungere nel bacino A a quelle 3 grammi altre 2, 3 ec. gramma, e supponiamo 2. Questo *due* esprimerà il peso assoluto dell'acqua; dunque si avrà;

$$2 : 7 :: 1 : x = \frac{2}{7}$$

Per applicar questo areometro a trovare i pesi specifici di quei corpi che sono più leggieri dell'acqua, Charles ha sostituito al piattino E un imbuto metallico capovolto, e perforato, come rappresenta la figura 9. L'operazione è la stessa; solo convien riflettere che se questo corpo ha di peso assoluto 7 nell'aria; mettendosi poi sotto l'imbuto, esso si sforzerà a sollevare l'areometro, ed a quei 3 grammi che nel bacino A erano, bisogna aggiungere altri pesi, la di cui somma deve andare al di là di 10, perchè oltrechè si cerca l'affioramento dell'areometro, si cerca ancora di deprimere o superare lo sforzo che fa il corpo suddetto; e se tutti questi pesi siano 15; si avrà la proporzione.

$$15 : 7 :: 1 : x ; x = \frac{7}{15}$$

39. Per compimento di questo articolo non ci resta altro da dire, se non che le precauzioni necessarie che debbono accompagnare la ricerca de' pesi specifici dei corpi. Queste precauzioni si possono ridurre a' seguenti capi: 1. Bisogna evitare, o almeno tener conto per quanto è possibile, dell'umidità che può essere attorno del corpo, o ne' suoi interstizii. 2. Bisogna che l'acqua nella quale si fa l'operazione sia stillata, o piovana, perchè in questi casi può essere alquanto pura. 3. Bisogna che si determini lo stato della sua temperatura, poichè questa variando, può variare i volumi de' corpi che s'immergono, e perciò può variare il di lor peso specifico. I fisici hanno adoperata la temperatura di 14. gradi nel termometro di Reaumur. 4. Fa d'uopo finalmente tener conto di tanti altri errori veramente inevitabili, come sarebbe la presenza dell'aria, lo stato dell'atmosfera, quello de' corpi assoggettati

all'esperienza.... Sebbene con tali preservativi i pesi specifici de' corpi solidi siano stati trovati, pure è necessario confessare, che quei pesi non sono che più che incerti. Intanto dobbiamo stare a tali pesi comunque essi siano, tanto più che la di loro nozione è sovente necessarissima; il zaffiro orientale non si distingue dal zaffiro d'acqua che nel solo peso specifico, ed ognuno ben sa che il valore di quello è molto maggiore del valore di quest' altro: per conoscere se un diamante, o una moneta d'oro sia falsa bisogna tener mente al di loro peso specifico, cosicchè si l' uno che l' altra sarà vero, se si ha che il peso specifico del primo è all' acqua come $3\frac{2}{5}$ sta ad 1; e

quello dell' oro sta all' acqua stessa come $19\frac{3}{5}$ sta ad

1. Il giovine lettore si ricorderà del celebre fatto avvenuto in Siracusa a tempo di Gerone, quando questo re avendo fatta costruire una corona di puro oro, dubitò che in essa fosse stata frammista una data quantità di argento. Se le teorie esposte fossero state note in quei tempi, la soluzione del problema non avrebbe richiesto il genio di Archimede. Noi dobbiamo a questa circostanza, ed a questo grand' uomo tutto ciò che ha riguardato la ricerca de' pesi specifici de' corpi solidi, ed a moderni non si deve che lo sviluppo maggiore che ne hanno fatto.

Dilatazione de' corpi solidi; dei pirometri.

40. Noi abbiamo detto, che fra le molecole de' corpi operano le due forze d' affinità, e calorico, e che sempre in opposizione fra loro è ora l' una superiore all' altra, ed ora l' altra superiore alla prima. Ora convien badare che da questo principio risulta perchè tutte le alternative della temperatura debbono determinare quelle delle suddette forze, e perchè tutte le molecole de' corpi debbono essere sempre in continue oscillazioni fra loro.

Queste oscillazioni possono ne' varii corpi determinare delle dilatazioni, o de' restringimenti, e perchè insensibili non vengono affatto prese in conto dal fisico.

Ma fra tante varietà ve ne sono di quelle considerabili, e notabili ne' risultamenti delle osservazioni. Noi di queste solamente intenderemo parlare.

Ogni dilatazione proviene da ciò, che accumulandosi del calorico ne' corpi, facilmente ne supera le molecole, esercitando una forza superiore a quella dell'affinità che le tiene unite; il restringimento non deve nascere che da una causa opposta. L'esempio più lampante che si possa dare di questo fenomeno consiste nel seguente fatto. Se si prenda una piastra di ferro e perforata in un de' suoi punti in modo che in un tale buco possa liberamente passare e con precisione una bacchetta di ferro; e quindi una tale bacchetta si riscalda, si vedrà che essa più non potrà liberamente passare per quel buco, e ne se vi era stata anteriormente fissata, potrà sortirne più, se non dopo o molti sforzi, o dopo d'esser stata raffreddata. Questo fatto a cui infiniti altri corrispondono ben dimostra che il calorico produce la dilatazione, e l'raffreddamento produce il restringimento: e che il calorico accumulandosi, il solido perverrebbe a diventar liquido (1).

Non sono difficili adesso le seguenti deduzioni 1. Quanto più calorico s'insinua ne' corpi, tanto più grande addivene la dilatazione. Ma si è conosciuto però che l'aumento della temperatura, e quello della dilatabilità non vanno pari passo; giacchè quando un corpo è giunto allo stato di fusione, la dilatazione ha un aumento molto maggiore di quello che può presentare la temperatura suddetta; e la ragione è evidente, perchè le molecole del corpo andando sempre più perdendo dell'affinità, vanno sempre più a disporsi per l'allontanamento. Dulongt, e Petit, hanno ciò dimostrato con esperienze esattissime; hanno osservato che la dilatazione per ogni grado del termometro è più notabile fra 200°, e 300°, che fra 100°, e 200°, che questa quì è più forte di quella che v'ha fra i gradi 0°, e 100°.

(1) Reaumur dimostrò in una memoria all'accademia francese nel 1725, che il ferro, che il bismuto, e l'antimonio erano più voluminosi quando erano solidi, che quando erano liquidi; lo che prova che il calorico non sempre agisce per dilatare, ma per cambiare pure la naturale disposizione delle molecole: ed è probabile, dice Beudant, che questo stesso si scorge in molti altri corpi come nel bronzo, nell'ottone &c. Ma circa un tale oggetto nulla v'ha di preciso.

2. I corpi i quali sono più duri, e che hanno maggiore forza d'affinità fra le particelle, debbono dilatarsi meno di quello, che si dilatano i corpi meno duri allo stesso grado di temperatura; in somma vogliam dire che allo stesso grado i corpi non si dilatano tutti egualmente. Di fatti si è trovato che per ogni grado del termometro di Reaumur il ferro si dilata di circa $\frac{1}{75000}$ di linea per ogni sua dimensione, il rame, di $\frac{1}{43000}$, il platino di $\frac{1}{92000}$, il vetro di $\frac{1}{1000000}$

Fa d'uopo quì ricordare che quando vogliam determinare la dilatazione totale d'un dato corpo per tutte le dimensioni, è necessario conoscere nna delle suddette frazioni relativamente al corpo in quistione, poichè si deve moltiplicare primieramente per 3, e quindi pel numero de' gradi della temperatura accresciuta; per esempio se si abbia nna massa di rame, la quale se sia dilatata passando da una temperatura di 12° a quella di 18°, la frazione $\frac{1}{43000}$ si moltiplicherà per 3, e quindi per 6, cosicchè la frazione $\frac{18}{43000}$ indicherà la dilatazione totale di quella massa.

3. Finalmente uno stesso corpo non è sempre nel caso di ricevere la medesima dilatazione allo stesso grado di temperatura, e ciò dev'essere così, perchè le circostanze esteriori, la presenza stessa dell'aria, valgono a cambiargli il proprio stato, e per conseguenza la sua capacità a ricevere del calorico. In ciò consistono tutte le precauzioni che i fisici debbono adoperare in ricerche cotanto delicate.

41. Affin di conoscere con qualche esattezza l'allungamento che poteva subire una verga metallica, o un corpo qualunque esposto al fuoco a ciascun grado di temperatura, gl'istrumenti che furono escogitati all'oggetto si chiamarono *pirometri*. Questi generalmente sono della forma di quì sotto (*fig. 10*) AB, è una terra metallica contro la quale sta poggiato un ago, il quale gira sopra un cerchio graduato, e che per tale maniera misura la dilatazione della terra suddetta. Ma si vede bene che è grande

cagione di errore la dilatazione del sostegno della barra, l'effetto del quale si aggiunge a quello dell'istrumento: Ond'è che bisogna renderlo invariabile per quanto è possibile, e farlo con ciò partecipare a mutamenti di temperatura il meno che si possa. Faremo ritorno su' pirometri quando si descriveranno gl'istrumenti necessarii per misurare tutti i gradi della temperatura, incominciando da centinaja di gradi sotto del zero del termometro, e terminando nei gradi che superano le migliaja.

RICERCHE SOPRA I CORPI LIQUIDI O FLUIDI IN GENERALE.

Loro proprietà.

42. Lo stato di liquidità è quello dell'equilibrio fra le due forze attrazione, e calorico. Questo equilibrio che a rigore non può essere giammai nell'esattezza possibile attesa le tante circostanze che possono distruggerlo, può esser forse la causa prima di quella enorme mobilità, che nelle molecole de' liquidi osserviamo, mobilità che nel mentre va a determinare ad un perfetto livello le superficie di tutti i liquidi, è la cagione principale di numerosi fenomeni, cui siamo in possesso d'ammirare.

Quello stato di equilibrio siccome può esser distrutto da moltissime circostanze, è così il concorso, e l'armonia di queste che lo mantengono. Fate per esempio che sopra d'una data superficie d'acqua l'aria non vi sia più, o almeno non così pesante, come per l'ordinario, e voi vedrete l'acqua in movimento notabilissimo, e più particelle evaporizzerebbero: aggiungete più calorico ad una massa d'acqua o d'un liquido qualunque; e voi vedrete un disquilibrio fra le parti, e con ciò l'*ebollizione*, e la *dilatazione*: e fate finalmente che più affinità vada ad investire quelle particelle, e voi allora vedrete un equilibrio più stabile, un movimento non così marcato, e sensibile, e si giungerà pure, se l'affinità cresce, diminuendo il calorico, a render solidi i liquidi, anche de' più costanti come il mercurio.

Questi fenomeni di cui ho notata la causa prima nell'enorme mobilità delle molecole ci occuperanno a varie riprese.

La grande mobilità riconosciuta ne' liquidi ha fatto credere a tutti i fisici che le di loro molecole siano di forma sferica, e tutte eguali fra loro. Si è pensato pure che ne' liquidi, delle molecole alcune sono in movimento descrivendo come un picciolo cerchio intorno a delle altre considerate come immobili. Ma di tutto questo non abbiamo pruove, anzi volendo stare alle osservazioni, sembra che le molecole de' liquidi anzicchè d'essere sferiche, siano di figura simile ad una piramide triangolare.

43. Passando inoltre ad esame tutte le altre proprietà generali attribuite nella materia, noi osserveremo che la porosità, l'impenetrabilità competono a' liquidi in tutta la forza del termine egualmente che a' solidi. L'elasticità loro si deve del pari che a qualsivoglia altro corpo duro; essi rimbalzano quando cadono sopra sostanze o liquide o solide, trasmettono con forza, e rapidità le vibrazioni che cagionano, o portano il suono, serbano l'antica forma, come si può vedere sopra d'una goccia di mercurio, la quale se si schiaccia premendosi, essa ritorna poi alla sua forma sferica: in somma tutto prova che essi sono elastici, e se è difficile mettere in ginocchio tale proprietà, proviene dal perchè le distanze reciproche fra le molecole punto non cangiano. La compressibilità negata nei liquidi, e specialmente nell'acqua si è trovata finalmente ancora ad essi competere. M. Canton la comprovò direttamente e rinvenne de' risultati speciosissimi. Ma credendosi questi alquanto inesatti i due fisici OErstedt, e Perkins con ammirabili apparecchi la indicarono sensibilmente nell'acqua, ed in altri liquidi. OErstedt pose dell'acqua in un vaso di cristallo cilindrico, il quale alla sua estremità teneva una viera in rame, e nel di lui fondo vi stava un cilindro di vetro tenente al di sopra un tubo delicatissimo; e tutto essendo egualmente pieno di acqua; nel solo tubo si era introdotto una goccia di mercurio, il quale vi perdurava stazionario attesa la strettezza di un tale tubo: sul medesimo fondo del vaso vi si era ancora situato un altro picciolo tubo pieno d'aria, e munito d'una scala, il quale postosi capovolto doveva servire ad indicare i gradi della pressione a cui l'acqua si assoggettava. Per effettuare questa pressione sotto a quella viera vi stava posto un corpo di tromba con un sifone del medesimo metallo. Tale descrizione fatta dell'apparecchio

ben fa comprendere il meccanismo che si adoperava per premere quell'acqua, e come si potevano rilevare delle successive, e ripetute pressioni i varii gradi. Anzi con simile apparecchio si poteva produrre delle pressioni eguali a 7, a 8, ed a 9, atmosfere, e si trovò che il volume dell'acqua diminuiva di 45 millionesimi per ciascuna atmosfera (1). La gocchetta del mercurio collo scendere che faceva più o meno lungo quel tubo dinotava la pressione a cui l'acqua, o qualunque altro liquido veniva assoggettata. Perkins, con un altro apparecchio suo particolare giunse a conoscere che l'acqua si diminuiva nella ragione di 6 a 100 dietro una pressione eguale a 1120 atmosfere, e si sarebbe diminuita molto di più se la pressione si fosse eguagliata fino a 1400 atmosfere; e se una tale pressione si fosse fatta sopra l'acqua marina, sarebbe avvenuta la cristallizzazione de' sali. Circa la dilatazione de' liquidi noi dobbiamo non più che ripetere ciocchè si si è altrove detto per rapporto a' solidi. Ma a quale oggetto una siffatta replica? Solo aggiungeremo qui che la dilatazione de' liquidi essendo sensibilissima anche alle picciole varietà della temperatura, ed essendovene alcuni fra essi che mostrano tali dilatazioni in modo uniforme, e proporzionale a ciascun grado di temperatura, così si prescelsero per misurare tali gradi, ed additare in un modo alquanto preciso le varietà che all'atmosfera avvengono relativamente al caldo, al freddo che investir la possono.

Ma per ottenere un tanto scopo grandi precauzioni abbisognavano, ed apparecchi adattati si dovettero costruire. Formeranno tali oggetti la materia del seguente articolo.

(1) Secondo l'esperienze recenti di Colladon, e Sturm spinte fino a 30 atmosfere si ha che

Il mercurio per ogni atmosfera si comprime di 5, 03 millionesimo del suo volume

L' acqua stillata e deaerata

51, 3 millio.

L' acqua stillata non deaerata

49, 5 m.

E di tutti quegli altri istrumenti cāpaci a dinotare i diversi gradi di temperatura.

44. La parola termometro si adatta a tutti quegli istrumenti che sono capaci di dinotare le varie temperature, e di compararle fra loro: poichè *termometro* non significa che *misuratore del caldo*; onde è che nella costruzione di essi noi possiamo adoperare solidi, gas, liquidi, essendo che tutto è capace di dilatarsi, o di restringersi. Ma intanto l'uso ha prescritto un tal termine per alcuni soli di questi istrumenti, per quelli cioè ove entrano i liquidi, o i gas per misuratori delle temperature, e ha fatto appellare pirometri quelli altri in cui i metalli si erano introdotti per un tale incarico. Intanto noi per mettere un certocchè d'ordine a tante teorie che potrebbero considerarsi come sciolte fra loro, faremo cenno prima di quei termometri fatti con de' liquidi, quindi di quei fatti ad aria, e finalmente degli altri detti pirometri, e costrutti con de' solidi.

Termometri liquidi. L'istrumento o il recipiente ove i liquidi che servir debbono da termometri, debbono essere contenuti, o riposti, non consiste che in un cannello di vetro terminato da una palla che sia egualmente calibrata in tutta l'estensione, affin d'avere nelle osservazioni, e nell'esperienze il grado della precisione sempre desiderabile e necessario.

In questo cannello noi possiamo introdurre qualsivoglia specie di liquidi, poichè ogni liquido è capace di dilatarsi, e di restringersi secondo le varietà avvenute nell'atmosfera, o ne' corpi co' quali essi possono rattraversarsi o in comunicazioni, o sottoposti alla sfera della di loro attività. Ma affin di poter ben corrispondere all'oggetto destinato bisogna che soddisfacciano ad una condizione essenziale dalla quale la perfezione de' termometri dipende, cioè che *la parte del calorico destinato a dilatarsi fosse in proporzione con quella serviente ad avansar loro la temperatura*; condizione che rende il termometro paragonabile con se stesso ne' diversi moti del liquido che contiene. È stata per questa condizione da soddisfarsi, che non tutti i liquidi si son trovati ca-

pacì a formare de' termometri, e che sono stati esclusi da un sì nobile mestiere: chi per una circostanza, e chi per un'altra. L'acqua ha avuto i due inconvenienti, cioè che la sua dilatazione aumenta avvicinandosi al termine dell'ebollizione, e quando arriva alla massima condensazione anzicchè di restringersi, si dilata alquanto come appresso diremo.

L'alcool o lo spirito di vino, ha lo svantaggio di bollire a temperature poco elevate, e si dilata dissugualmente avvicinandosi a questo stato; per altro i fisici s'avvalgono tuttora di questo liquido per misurare le bassissime temperature, non essendo esso soggetto a congelarsi come gli altri liquidi. L'olio adoperato dal Newton, quantunque incapace di ebollimento fino al grado 300 di calore, aveva però l'inconveniente della sua viscosità, e non poteva servire nelle basse temperature perchè soggetto a presto congelarsi. Il mercurio finalmente perchè non accompagnato da siffatti inconvenienti, ma che anzi dotato d'una densità uniforme in tutta la sua massa, quando è stato purificato, sensibilissimo alla menoma variazione della temperatura, e che finalmente potendosi dilatare alquanto egualmente, e nella sua progressione nello stato di liquidità comprendendo un grandissimo numero di variazioni di temperatura, cioè da circa 40 gradi al di sotto del gelo fino a 350 al di sopra, il mercurio diceva fu prescelto da tutti i fisici nella costruzione de' termometri. Anzi i signori Laplace, e Gay-Lussac avendo paragonati gli andamenti del mercurio cogli aumenti, o abbassamenti dell'aria, messa questa in un cannello fatto a foggia di termometro, videro l'uniformità degli aumenti, e degli abbassamenti. Bisogna quì notare che l'aria prova tali variazioni nel modo più che uniforme a quelle delle temperature.

Dopo che questo liquido da noi prescritto è stato introdotto nel cannello dobbiamo venire ad alcune osservazioni necessarie per la costruzione effettiva de' termometri. Ed in primo luogo se colle ascensioni, o abbassamenti del mercurio noi dobbiamo giudicare delle variazioni della temperatura, e se da varii gradi di quelle noi dobbiamo dedurre i gradi di questa, già ognuno comprende, che noi dobbiamo avere stabilito una linea su quel cannello, da dove possiamo noi contare i gradi fino

a quel termine che si voglia. Intanto la più parte de' fisici anzicchè d'una ne stabilirono due; presero il cannello ABC (fig. 18) pieno d'una quantità di mercurio, e lo posero nel ghiaccio che stava dimojando, il mercurio perchè si condensava giunse finalmente ad un termine, che è costantissimo per quel grado di temperatura; e segnarono *con zero questo termine*; questo zero fu il punto da dove s'incominciarono a numerare i gradi del termometro tanto nel di sopra, quanto nel di sotto. Oltre di questo punto cercarono di determinare un altro anche costantissimo, e che corrisponde all'acqua bollente; e quindi la distanza fra questo punto e zero divisero in un determinato numero di gradi, numero che perchè vario presso varii termometri, fu la causa della di loro diversità. Cosicchè alcuni furono divisi in 80 g. e vanno sotto il nome di Term. di Reaumur, perchè tale fu la divisione che questo fisico assegnò al suo termometro: altri in 100 come fu quello di Celsius, e che è adoperato in Francia da tutti quei fisici di cui essa debbe gloriarsi: Il termometro di Delisle adoperato in Russia non ebbe altro termine fisso che quello dell'acqua bollente, e per assegnare i gradi, esso concepì la dieci millesima parte della capacità del cannello compresavi la palla sferica C, ed ogni grado non fu che eguale a questa parte; dopocchè Delisle ebbe fatta questa divisione da sotto al termine dell'acqua bollente si vede che il grado 150 del suo termometro corrispondeva al zero degli altri termometri. Fahrenheit finalmente prese per termini fissi il grado della congelazione forzata prodotta dall'idrocolorato ammoniacale, e quello che corrisponde al grado dell'acqua bollente. L'intervallo fra questi due punti fu diviso in 212 parti, e quindi il grado 32 corrispose al zero del termometro centigrado, di Reaumur, e degli altri; cosicchè nel termometro di Fahrenheit l'intervallo fra il zero comune de' termometri, e l'grado dell'acqua che bolle fu diviso in 180 gradi. E così riepilogando abbiamo. 80 g. nel termometro di Reaumur; in quello di Celsius g. 100; in quello di Fahrenheit g. 180, in quello di Delisle g. 150, contandosi questi gradi tutti fra il zero corrispondendo al gelo che sta sciogliendosi ed a quello dell'acqua bollente.

Questi diversi termometri s' indicano diversamente colle lettere iniziativæ; e volendosi per esempio dire 32 g. al termometro di Reaumur si scrive (32. R.) volendosi dire 40 g. al termometro di Celsius si scrive (40. C.).

Se noi avuti i gradi della temperatura in un termometro, vogliamo quelli corrispondenti agli altri termometri, dobbiamo stabilire le seguenti proporzioni

$F : R :: 180 : 80 :: 9 : 4$; dunque 9. gradi di Fahrenheit fanno 4 gradi

di R.; ed un g. di R. è $2 \frac{1}{4}$ di F.

$F : C :: 180 : 100 :: 9 : 5$; dunque 9. F. = 5. C.; ed un grado C. corrisponde a $1 \frac{4}{5}$ di F.

$R : C :: 80 : 100 :: 4 : 5$; dunque un grado R = $1 \frac{1}{4}$ di C.

In virtù di queste proporzioni si possono sciogliere tutti i seguenti problemi.

Il term. R. segna 50. g.; che grado segnerà quello di F? S' intavola la proporzione

$$4 : 9 :: 50 : x; \text{ dunque } x = 112 \frac{1}{2}.$$

Il term. C. segna 80 g. che grado segnerà quello di Reaumur? si scrive

$$5 : 4 :: 80 : x = 64.$$

Il term. F. segna 50 g. che grado segnerà quello R? È evidente che da 50 g. di F bisogna sottrarre i 32 gradi sotto del zero. Ciò posto si avrà

$$9 : 4 :: (50 - 32) : x; x = 8^{\circ} \text{ di R.}$$

Si vorrebbe ancora sapere a che g. di C. corrispondono li suddetti 50 g. di F: si avrebbe

$$5 : 9 :: x :: (50 - 32); x = 10 \text{ di C; cosicchè si avrà}$$

$$(50. F.) = (8. R.) = (10. C.)$$

45. Precauzioni necessarie per tale sorta di termometri.

1. L'acqua che si piglia per bollire, bisogna che sia la più pura che sia possibile; poichè se contiene dei sali può bollire ad un grado maggiore di 100. Gay-Lussac ci ha fatto osservare che questo ebollimento può variare ancora secondo il vaso, che s'impiega per fare questa ebollizione, cosicchè se l'acqua pura bolle perfettamente al g. 100 in un vaso metallico, bolle al grado 101, 232 in un vaso di vetro.

2. Per segnare il grado zero nella scala del termometro bisogna che si pigli non acqua, la quale si vada gelando, poichè qualche volta avviene, siccome diremo, che l'acqua è nello stato liquido anche sotto al grado della congelazione, ma bisogna che si prenda acqua agghiacciata e che si sta sciogliendo.

3. Siccome l'acqua entra in ebollizione più o meno presto secondocchè è picciola, o grande la pressione dell'aria, così fa d'uopo di tener conto di questa pressione nella formazione de' termometri. E stata scelta la pressione che corrisponde al g. 28 nel barometro, istrumento che ci rivela le pressioni cui l'atmosfera può fare sopra tutta la natura terrestre.

A queste tre precauzioni i fisici volevano aggiungere quell'altra relativa all'aria contenuta nel cannello del termometro, come se questa contribuisse a qualche anomalia dell'istrumento; ma la teoria, e l'osservazione hanno provato, dice Hauy, che tale aria verun'ostacolo può presentare alla progressione regolare del mercurio; poichè questo essendo un liquido resiste potentemente alla compressione, e tanto più di quella poca aria ivi contenuta, a qualunque temperatura fosse; al contrario poi l'aria essendo un fluido aeriforme può facilmente comprimersi, e perciò può il mercurio obbligar l'aria a contrarsi, e non l'aria il mercurio.

4. Ma se per le suddette cose abbiamo potuto stabilire una precauzione, v'è però ne' termometri un inconveniente inevitabile derivante dalla pressione continuata dell'atmosfera, quale pressione può giungere a far scemare il di loro volume, perchè quell'aria che dentro di essi abbia potuto restarci non vale a riagire tanto contro la pressione dell'aria esterna fino a stabilirsi un equilibrio.

Il signor della Rive-Marcel se ne è assicurato con mettere un termometro nella campana pneumatica, ed un altro ad aria libera; quando da quella si estraeva l'aria contenuta, il termometro che essa copriva era più basso, comè se si fosse addensato il liquido atteso il freddo, ma che intanto il tutto proveniva dall'aumento di volume che quel termometro acquistava per la reazione, attivissima dell'aria contenuta nel termometro.

L'Italia gonfia per le tante scoperte utili, e grandi poco si cura di rivendicare questa osservazione che al signor Bellani si deve e che Marcet non fece che confermare.

46. *Termometri ad aria.* Siccome ne' cannelli noi abbiamo potuto introdurre de' liquidi, così avremmo potuto introdurre de' gas, e l'aria specialmente, tanto più che si sa d'esser l'aria più dilatabile del mercurio da circa 20. volte; lo che significa che è più assai sensibile questo gas, che questo liquido, alle varie temperature; e che inoltre dilatandosi, o restringendosi uniformemente per tutti i gradi di caldo, o di freddo, sembra suscettibile di tutta la possibile esattezza. Amontons fu il primo ad immaginare una tale specie di termometri, e la fig. 12 ne presenta uno perfetto. La bolla A è quasi tutta piena d'aria; e l resto dello spazio è occupato da un liquido che si eleva anche nel canale B. Quando l'aria della bolla è riscaldata, essa si dilata e spinge il liquido ad elevarsi in B; e siccome ogni picciola varietà nella temperatura vale a produrre una varietà nell'aria, così gli effetti sono sensibilissimi, e possono indicare le più picciole quantità di calorico. Ma a questi vantaggi però si uniscono moltissimi inconvenienti, i quali tutti ne han fatto abbandonare l'uso: per esempio le dimensioni di un tale termometro dovevano essere grandissime, e quando si cercava consultarlo si doveva sempre notare lo stato del barometro.

Ramford, e Leslie hanno cercato d'ovviare a tali inconvenienti; impiegando due volumi d'aria sottratti alla pressione atmosferica, e di cui l'uno può essere riscaldato senza dell'altro. Il primo ha formato un termometro indicato dalla fig. 15; nel solo punto a vi è una goccia di liquido colorato, e che si chiama *indice*; in tutto il rimanente è aria. Appena che una delle bolle o A o B viene

riscaldata, l'indice si muove o per una parte, o per l'altra indicando così determinati gradi di calore. Questo strumento fu chiamato *termoscopia* da Rumford, e fu destinato onde rilevare quel calorico cotanto insensibile che l'aria circostante non se ne avrebbe risentito, come sarebbe per es: il calorico di una mano tenuta a qualche distanza da una delle bolle.

Leslie indotto ancora dal pensiero di poter misurare gradi sì tenui di calorico, che per renderlo sensibile doveva concentrarlo su d'una superficie concava, e che da quà poteva riflettere, immaginò un altro strumento simile in essenza al primo, ma diverso nella quantità di liquido ivi contenuta. La figura 16. ben lo rappresenta. Se una delle bolle A, che dicesi *bolla focale* si mette nel fuoco del piano riflettente calorico, allora l'aria ivi contenuta divenendo elastica spinge il liquido verso la colonna opposta, in dove esso va a dinotare ne' punti 0, 10, 20, i varj gradi dell'elasticità dell'aria, e del calorico in conseguenza emesso da quel piano riflettente. L'autore ha chiamato questo strumento *termometro differenziale*, perchè il moto del liquido vien determinato dalla differenza di elasticità fra le due quantità d'aria contenute nelle due palte, delle quali una è soggetta all'influenza del fuoco, e l'altra resta nella temperatura del luogo.

47. *Termometri a metalli*: Il pirometro da noi altravolta descritto non è che un termometro a metallo, ed è servito a dinotare le temperature considerabili, superiori per esempio all'acqua, o all'olio bollente. Ma esso stesso sarebbe insufficientissimo all'oggetto destinato, per temperature vieppiù energiche come quelle del fuoco de' fornelli chimici, del fuoco delle lenti che riflettono calorico..... Wegwood ha per tale intento immaginato un'istrumento. Esso è fondato sopra d'una singolarissima proprietà che tiene l'argilla, cioè di non dilatarsi, nè restringersi fino al g. (580, 55.C); di restringersi secondochè il calorico cresce, e di non dilatarsi affatto quando essa si lascia raffreddare. Ciò posto ecco un tale istrumento qual sia. La lettera C della fig. 17. rappresenta un pezzo di argilla seccato alla temperatura di 500 C., e che si suppone d'essere ciò il suo stato naturale. Si faccia d'una larghezza eguale a 12^{mm} 7 da entrare esattamente nel principio del canale BA il quale va restringendosi in A fino a divenir lar-

go non più che 7^{mm} 62; e che è lungo 609^{mm} 592. Una tavoletta indica i gradi incominciando da 120 fino a 240; cosicchè il *zero di questo termometro* è 120 e corrisponde al g. 580, 55 del term. C, ed ogni suo grado è eguale a 72°, 22 gradi di questo termometro detto centigrado, al g. 1077 di quello di F., ed al g. 464 di quello di R.

Ecco adesso di questo istrumento di Wegwood l'uso conveniente. Si cerca conoscere il calorico che vale a fondere il rame, il ferro per esempio? Un pezzo di argilla delle date dimensioni si mette in tale calorico. Esso si restringe come abbiamo detto, e dopocchè si è fatto raffreddare si pone nel canale A B e si vede a che grado esso corrisponde. Supponiamo che corrisponda al g. 130, esso allora rappresenterà un calore che nel term. F. viene indicato da 17977 e che è quello capace a fondere il ferro. Se quel pezzo d'argilla corrispondesse al g. 27 incominciando dal suo zero, esso rappresenterebbe allora il calorico necessario per la fusione del rame, e che viene indicato nel term. F. dal g. 4587, e nel term. R. dal g. 2024.

L'ultimo termometro a metallo degno della nostra attenzione è quello del signor Breguet. Esso giova a dinotare le piccole variazioni di temperatura, le quali sarebbero o per niente, o quasi niente sensibili ne' termometri a mercurio. L'organismo di questo istrumento è tutto diverso dall'altro, e dipende dal principio » che se si saldino insieme nelle di loro estremità due o più lastre sottili di metalli di eguale lunghezza, ma dissugualmente dilatabili, ne avverrà che cambiata la temperatura, una di quelle lastre si allungherà più delle altre, e l sistema formerà una specie di curva » Breguet dunque si avvale di tale principio, e per dare al sistema una grande lunghezza lo dispose a spira, stando attaccato in una estremità, e determinando coll'altra le varietà di temperatura secondocchè un'ago posto a quest'oggetto si muoveva ora da un verso, ed ora da un altro. Nulla più dirò di questo istrumento sì poco conosciuto, e tanto meno praticato.

Ulteriori teorie non sono relative alla natura di quest'opera; solo aggiungerò quei che l'espressioni, o le indicazioni de' termometri niente d'assoluto indicano circa

la quantità di calorico esistente attualmente ne' corpi; essi solamente esprimono la natura degli effetti, che questi corpi producono sopra istrumenti chiamati termometri, poichè questi corpi come diremo in appresso mettono in equilibrio fra loro il calorico che contengono: ed è così che quando si dice il termometro segna zero, s'intende cioè l'assenza del calorico in un corpo; e quando si dice segna 32° al term. C. s'intende d'indicare con tale espressione non più che uno stato del termometro il quale si trova in equilibrio col corpo che si esamina, e coll'atmosfera in cui si ritrova; poichè in sostanza ciocchè noi diciamo temperatura non è altra cosa; nè dev'essere altro che il suddetto equilibrio. Finalmente è d'uopo avvertire che i gradi al di sopra di zero si segnano positivamente; e negativamente si segnano quelli che sono sotto del zero: cioè a' primi si premette il segno $+$, ed a' secondi il segno—.

Pesi specifici de' liquidi in generale. Areometri.

48. Il principio stesso che è servito per trovare i pesi specifici de' solidi, serve ancora a rinvenire quelli de' liquidi: ond'è che compreso il metodo tenuto per i primi, s'intenderà facilmente quello che è necessario di adoperare per i secondi.

L'acqua pura è tuttora quì considerata come termine di comparazione.

Il principio da aversi compresente in tali operazioni, è « *Un corpo s'affonda più o meno nel liquido secondo che questo liquido è meno denso, o più denso.* » Siano ora dati più liquidi diversi nella densità; egli è evidente che immergendosi in essi un dato corpo solido, questo s'affonderà dove più e dove meno secondo il principio stabilito; e se tutti questi abbassamenti, o innalzamenti relativi del corpo ne' liquidi si potessero rapportare ad una posizione che 'l suddetto corpo avrebbe tuffandosi nell'acqua presa per unità, si avrebbero con ciò tutti i pesi specifici de' liquidi sottoposti all'esperimento.

Affin di avere nell'operazione maggiore esattezza si è dato a quel solido una forma regolare, come rappresenta la fig. 18. Esso è stato composto d'un cannello di vetro cilin-

drico sormontato da un picciolo bacino B, e segnato in C con una striscia. In A evvi del mercurio, o del piombo per mettere nel basso il centro di gravità dell'istrumento. Ora se con pesi addizionali si costringa l'istrumento a nuotare fino alla striscia C. (ciocchè si chiama *livellare*), prima nell'acqua, e quindi in un liquido di cui si vuole conoscere il peso specifico, e si osserverà che il peso dell'istrumento più i pesi addizionali necessari per l'affioramento, è eguale al peso del volume del liquido, o dell'acqua scacciata, si potrà con una proporzione trovare il peso specifico del liquido. Per esempio supponiamo che l'istrumento sia 5 libbre, se per farlo affiorare nell'acqua ci vogliono altre 3 libbre, e per farlo affiorare nel liquido suddetto ce ne vogliono 2, si avrà la proporzione

$$3 : 2 :: 1 : x, x = \frac{2}{3} \text{ peso specifico del}$$

liquido. Questo istrumento descritto è l'areometro di Fahrenheit; e nel suo impiego, come nell'impiego di tutti gli altri istrumenti chiamati areometri, sono origine di molti errori, e le diverse temperature del vetro, e quelle de' liquidi, non che le diverse dilatazioni di queste sostanze. Onde eliminare tali errori il cavalier Nobili ha dato in una memoria diretta al reale istituto dell'incoaggiamento delle formole esatte per questo oggetto.

Il signor Baumè escogitò una specie di areometro per indicare la diversa purità de' liquidi, nei quali potendosi frammischiare dell'acqua, non si possono così considerare veramente puri, nè di quel valore cui si meriterebbero. L'uso di questo areometro è il seguente: s'immerge nell'acqua distillata e si segni zero al punto d'immersione, quindi s'immerge nell'alcool più rettificato, e si segni 100 questo nuovo punto; l'intervallo si divide in 100 parti, e per far riuscire esatte queste divisioni, si segna ciascuna di esse aggiungendo all'acqua uno, due, tre... centesimi di quest'alcool. Si comprende facilmente che immergendo tale istrumento nell'acqua; il numero della divisione in cui si ferma, indica il numero de' centesimi dell'alcool ivi contenuti; oppure immergendosi nell'alcool, quel numero di centesimi che manca per arrivare a 100, può dinotare la quantità più o meno grande dell'acqua, che coll'alcool può essere frammista.

Se per graduare questo areometro Baumè si è servito dell'alcool, perchè la purezza dell'alcool cercava determinare, avrebbe dovuto graduarlo diversamente se di un altro liquore se ne fosse cercata la densità, la purità..... ec. Ed in questo modo si rileva che per tale oggetto fa d'uopo annettere all'areometro di Baumè differenti gradazioni secondo i liquori che si cercano pesare: Questo areometro porta il di nome *pesa-liquori*.

*Ricerche sopra dell'acqua considerata in
tutti i suoi stati.*

49. Lo stato naturale dell'acqua è quello della sua fluidità, ed in cui un equilibrio o quasi equilibrio tra affinità e calorico evvi da considerare. Essa passerà allo stato solido quando l'affinità prepondera sul calorico, e passerà nello stato di fluido aeriforme quando il secondo prepondera sulla prima.

Quindi i stati dell'acqua sono tre; stato naturale ossia di liquidità; stato solido ossia di ghiaccio, e stato aeriforme ossia di vapori. Noi parleremo dell'acqua considerata in tutti e tre questi stati. E sulle prime ricorderemo al lettore che la sua natura creduta semplice una volta, fu scoperta risultante dalla combinazione de' due elementi chimici idrogeno, ed ossigeno nel rapporto di 15 a 85; ed a gloria del Newton aggiungeremo che questo fisico immortale aveva col suo ingegno letto in qualche modo ne' risultamenti della rifrazione della luce attraverso delle sostanze ciocchè in seguito di lui fu confermato da esperienze dirette, cioè che l'acqua contenendo una materia combustibile essa stessa esser non poteva semplice ed elementare.

50. *Dell'acqua nello stato liquido.* Questo articolo può esser diviso in tre parti, studio cioè delle sue proprietà, studio del suo stato d'equilibrio, studio nel suo stato di movimento. Il primo è il solo di competenza fisica, ed è stato alquanto soddisfatto quando quelle relative a liquidi in generale noi trattammo. Non resta quì di aggiungere che alcune poche cose.

1. È impossibile d'averla nello stato puro, poichè contiene in se particelle eterogenee non poche, e siccome è un dissolvente ben forte de' sali, così molti ne deve

contenere in se stessa. Da ciò deriva l'utile che essa produce alle piante quando queste vengono inaffiate, e quel senso di fresco che al nostro senso cagiona non dipende che in gran parte dall'aria esistente ne' suoi pori.

L'acqua de' mari contiene un sale il quale si estrae per mezzo dell'evaporazione, e si chiama sale marino. Le acque dette minerali contengono sostanze saline, metalliche.... dalle quali ricevono un sapore particolare, e sono utili in molte malattie. Le acque de' fiumi tengono in dissoluzione materie pietrose, e soprattutto calcaree, le quali formano certe incrostazioni o nelle pareti de' canali per dove passa l'acqua, o sulla superficie de' corpi organizzati che sono immersi in essa.

2. Se abbiamo riconosciuta dell'aria nell'acqua, quest'aria forse in essa non esiste se non per l'affinità che si spiegano a vicenda queste sostanze, cioè che l'acqua attrae a se dell'aria, e questa a se l'acqua. È necessario qui ricordare che se l'acqua è molto vantaggiosa alla digestione, lo è tale addivenuta e per i sali ed altri principii che in se nasconde, e per l'aria esistente fra i suoi pori; l'acqua distillata poi da cui tutti tali elementi sono stati estratti per quanto si è potuto, alla digestione è disadattissima, ed alle piante molto dissutile.

3. La gravità specifica delle diverse acque varia secondo la quantità de' suddetti principii, e la di loro specifica purezza è tutta relativa alla di loro gravità. Chaptal morto nell'anno scorso 1832 ha fatto conoscere che l'acqua piovana è più pura di ogni altra; che quella che cade in tempo di tempesta è più impura di quella che cade in tempo di calma, e che questa stessa si va rendendo più pura col proseguimento della pioggia.

Brisson avendo cercato di determinare la gravità specifica dell'acqua relativamente a quella dell'aria nella temperatura (10. R.), osservò che la prima stava alla seconda come $811 \frac{1}{2}$ stava ad 1. Essendosi cercato poi di determinarla relativamente al mercurio, si è conosciuto che facendo 1 quella dell'acqua, la gravità specifica del mercurio è 13,5681.

4. Finalmente la quantità di calorico necessario affinché l'acqua stia nello stato di fluidità alla temperatura di zero, ossia al punto della congelazione, è tale che

se questo calorico si manifestasse, farebbe alzare il termometro di R. al grado 60. Di fatti prendete una libra d'acqua ridotta a ghiaccio, e quindi un'altra elevata al g. 60; mescolate il tutto; il ghiaccio si scioglierà in acqua, e l'risultato della miscela quantunque abbia assorbito 60 g. di calorico, pure troverassi alla temperatura di zero.

In questo caso fa d'uopo considerare che nell'acqua come in ogni altro corpo il calorico fa due ufficii, cioè una parte è incaricata a mantenere i corpi della natura ne' proprii loro stati, ed è detto *latente* o *combinato*, ed una altra parte a riscaldarli, ed a dilatarsi, ed è detto *sensibile*.

51. Dell'acqua nello stato di ghiaccio.

Egli deve essere un principio, cui dobbiamo altamente fissare nella mente, che in tutti i corpi cioè, vi esiste una certa quantità di calorico; e quando un cangiamento qualunque ha luogo nelle costituzioni chimiche dei corpi, allora si troverà loro cambiata la facoltà che essi avevano di conservare quel calorico. Onde è che in tutti tali casi vi sarà emissione, o assorbimento di calore, e questo accrescimento o questa diminuzione di calorico è quello che divien sensibile a nostri sensi, e può essere misurata col mezzo del termometro.

Ora facciamo che una data quantità d'acqua sia circondata da corpi capaci ad assorbirle il calorico (1). L'acqua in questo caso andrà sempre più raffreddandosi fino ad avvicinarsi al termine della congelazione, il quale corrisponde a zero nel termometro. L'osservazione ha insegnato che posta ella in un vaso, si contrarrà a proporzione del raffreddamento, e quando sarà pervenuta al massimo della sua densità il termometro anti-grado segnerà 4. gr. al di sopra di zero; o secondo le recentissime e delicate esperienze di Chrichton segnerà $+5^{\circ}$, 6. Seguiamo a supporre che l'raffreddamento cresca, l'acqua

(1) Si può formare il ghiaccio anche sopra de' carboni ardenti; mettete sopra una scaldavivande una picciola marmitta di ferro con dentro un melange frigorifero cioè il ghiaccio pestato, e l'idrocolorato di calce. Mettete ora nel mezzo di questo melange un picciolo vaso di vetro pieno d'acqua. Si vedrà che a misura che il ghiaccio e l'sale si fonderanno, l'acqua si congelerà.

allora anzicchè di decrescere, incomincerà ad accrescere di volume, ad onta che nel termometro la temperatura si appalesasse avvicinarsi al grado zero: e quando finalmente si sarà giunto a questo grado pel raffreddamento semprepiù avanzato, allora la densità dell'acqua si troverà d'essere eguale a quella che aveva quando segnava il grado 7. al term.C. — Qui dunque tutto dimostra che l'acqua *ridotta a ghiaccio, anzicchè di contrarsi, si è dilatata alquanto*; in modocchè ha acquistato un peso specifico minore di quello che aveva quando era nello stato liquido, ancorchè fosse stata ridotta alla massima sua densità. Ed ecco la ragione perchè il ghiaccio galleggia sulla superficie delle acque, circostanza che da' poli fa venire fin nelle coste settentrionali dell'Europa montagne di ghiacci sulle schiene de' mari (1).

S'era voluto opporre che questa dilatazione non fosse dell'acqua ridotta a ghiaccio, ma bensì del restringimento avvenuto nel vaso, ove l'acqua era stata riposta; ma le osservazioni di Lefevre-Gineau han portato a dileguare questa obbiezione. Egli prendeva un cilindro a diversi intervalli colla massima accuratezza indicati; lo immergeva a varie riprese e successivamente nell'acqua secondocchè questa s'andava a gradatamente raffreddare. Egli osservava in tali immersioni che il cilindro veniva ad elevarsi semprepiù nella superficie dell'acqua; lo che significava che la densità di questo liquido andava sempre crescendo, ossia che l'acqua andava semprepiù a contrarsi. Questo andamento di cose avveniva fino al grado (+4. C). Ma al di sotto di questo grado a proporzione cioè che il raffreddamento cresceva, il cilindro si affondava alquanto; lo che significava che l'acqua s'andava a dilatare; e questo altro andamento inverso terminava sino al grado zero del termometro, termine della congelazione Lefevre-Gineau ha dunque ben dimostrato l'assunto proposto.

I fisici hanno voluto conoscere la causa di questo accrescimento di volume. Alcuni lo avevano voluto attribuire allo sprigionamento che soffre l'aria nell'uscir dall'acqua, che, si sta congelando, aria che esce sotto la forma di picciole bolle, come bene può osservarsi. Ma l'opi-

(1) Secondo Thomson il peso specifico del ghiaccio è 0,92, essendo 1° quello dell'acqua al grado (15, 55) R.

nione di questi può restare smentita dal fatto, che anche cioè quell'acqua da cui s'è estratta, per quanto sia stato possibile, dell'aria, gelandosi s'è dilatata come ogni altra acqua. Altri han cercato rapportare il sopracitato effetto all'ordine curvo in cui le particelle integranti del liquido vanno a riporsi, ed a riunirsi in virtù dell'affinità; nuov'ordine che noi non solo riconosciamo nell'acqua che si raffredda, ma in molti altri metalli, i quali nello stato liquido presentano più piccolo volume per rapporto a quello che avevano, quando erano solidi. Sia che quest'ordine nuovo poi nasca da una specie di disordine prodotto dal moto più o meno rapido, il quale agita le molecole del liquido mentre si riuniscono, come ha detto Mairan; sia che la congelazione non sia essa stessa che una cristallizzazione confusa, ma osservabile in principio della formazione del ghiaccio sulla superficie dell'acqua sottoposta all'osservazione, sia in somma come si voglia, è sempre facile così l'immaginare quell'aumento di volume nell'acqua diacciata: ed infatti secondo Mairan le particelle del liquido incrociandosi ed intersecandosi scambievolmente in diversissime maniere, possono lasciare molti piccioli vuoti fra loro, e perciò occupare uno spazio maggiore di quello che avevano nello stato liquido; e nel caso della cristallizzazione poi, essendo questa stessa una cagione immediata d'aumento di volume, almeno relativamente all'acqua e ad altre sostanze, ne avverrà necessariamente, che uno spazio maggiore s'andrà a sviluppare in conseguenza di tanta operazione.

52. Ma non è il solo aumento di volume che l'acqua diacciata presenta all'osservazione, noi vi dobbiamo del pari ammirare e la durezza, e molte altre circostanze. Quale proveniente certamente dall'affinità che hanno acquistata le molecole al di sopra del calorico, sarà così tanto considerabile da potersi formare cannoni, e caricarsi a palla. Noi sappiamo che un ghiaccio il quale possa formarsi sopra un fiume del Nord, ad onta che non abbia di doppiezza che cinque, o sei pollici, pure può sostenere numerosi corpi di truppe, e massi di smisurata grandezza.

Le circostanze poi che accompagnano la formazione del ghiaccio si riducono alle seguenti = 1.° Nel formarsi presenta una forza espansiva, la quale si deve dire che

sia più che incredibile « Buot espose al gelo un cannone » di ferro, grosso un dito, pieno di acqua, e chiuso ermeticamente, e dopo 12 ore incirca lo trovò spaccato » in due punti: gli accademici del Cimento di Firenze » in una simile esperienza videro spaccarsi una grossa sfera di rame, e Muschenbroek calcolando lo sforzo di » tale rottura lo trovò tale da poter sollevare un peso di » 27720 libbre. » (Haüy) È luogo proprio qui rapportare che quando un gelo converte in diaccio l'acqua contenuta nella terra, ed i succhi degli alberi, esso danneggia le piante ed i vegetabili in modo assai evidente. Narrano i viaggiatori i quali si sono inoltrati fin nelle parti più settentrionali dell' Europa che nell' inverno gli alberi anche de' più annosi si fendono pel gelo del di loro sugo con uno scoppio violento. Certe altre piante senza andar soggette a questa fenditura soglion seccarsi, o notabilmente patire; e ciò pel diaccio rinserrato nella terra, il quale stringe il collo delle loro radici per dove entrano i di loro succhi nutritivi. Le membra degli animali, e degli uomini che si cancrenano ne' paesi assai freddi, non ripetono il di lor male che dalla stessa causa. Finalmente essa estende i suoi effetti distruttori fin sui corpi inorganizzati, « così si sfogliano le pietre che prima del gelo » erano state bagnate, i marmi staccati dalla cavà per » mezzo della polvere, e ne' quali si sono formate varie » fessure in conseguenza della scossa sofferta, nel caso » stesso del ghiaccio presentano larghe aperture, ed è utilissimo che l'artista conosca la causa di questi accidenti » per essere in istato di prevenirli » (Haüy). Nei miei viaggi per la Savoia, dice il cavalier Poli, ho veduto rotolar giù nelle valli massi di granito, la cui vastità supera ogni credenza: e ciò non è da altro provenuto che dall' acqua piovana, la quale s' interna in qualche delicata vena di quei grossi macigni sistenti nei monti, e che si diaccia dietro un qualche notevole freddo dell' atmosfera.

2. L' acqua che si congela, e che tiene in dissoluzione un sale, lo lascia precipitare nell' atto della congelazione: (1) lo che ha dato motivo agli abitanti del Nord

(1) La ragione di questo fenomeno egli è evidente; poichè quando mescolate del sale nell' acqua, quello dovendo liquefarsi deve assorbir calorico da questa; e quando poi l' acqua si congela sprigionando da se il calorico, il sale sciolto in essa se ne provvede del pari, ritorna allo stato solido, e precipita.

di raccogliere del sale dell' acqua marina , facendo penetrare di questa una picciola quantità in alcune date fosse , e quindi farne diacciare la superficie ; poichè il sale che conteneva la parte già diacciata vien precipitato nell' altra parte , che è tuttora liquida. Potrà questa o esporsi a nuovo gelo , oppure ad un moderato calore , poichè la sua evaporazione farà ancora cristallizzare quel sale di cui era carica.

3. Alle volte l' acqua quantunque giungesse fin sotto al grado della congelazione , pure non si diaccia affatto , restando liquida com' era. Questo caso che avviene tutte volte che l' acqua è in pienissimo riposo spiega la ragione del fenomeno ; cioè siccome il ghiaccio proviene da un nuovo ordine che le particelle acquee prendono congelandosi , così supponendo quella nel più perfetto riposo il ghiaccio non può avere mai luogo. La ragione se ne comprenderà meglio , se riflettete , che quando quest' acqua verrà alquanto smossa , o che dentro vi si tuffi un pezzetto di ghiaccio , essa immediatamente si congelerà. Blagden che su tale proposito ha fatto molte osservazioni ci ha inseguito , che quando quello smovimento si faceva produrre , battendo leggermente il fondo del vaso con un piano solido , oppure se ne fregavano le parti interne , o lo stesso fondo con una penna , la congelazione avveniva ben presto , come se con questo mezzo le molecole dell' acqua fossero di già uscite da quello stato di sonno in cui giacevano.

4. Lo stesso fisico finalmente ci ha pure fatto conoscere che quanto più l' acqua è impura più prestamente si congelerà , e che quanto è più pura menò prestamente si ridurrà a ghiaccio ; cosicchè l' acqua fangosa d' un fiume si congela al grado 1. o 2. sopra del zero ; e la stillata al grado — 5. R. L' acqua , che ha bollita , è divenuta torbida per quella terra calcarea che veniva tenuta in dissoluzione dall' acido carbonico , onde è che si congelerà più presto di quando non era stata bollita ancora. La ragione di tutto questo deve ripetersi da queste stesse particelle eterogenee , le quali prontamente possono rompere l' equilibrio in molti punti della massa.

53. *Dell' acqua nello stato di vapori.*

Tutti i liquidi esposti all' aria , o anche contenuti in alcuni vasi , in dove vi è dello spazio non da essi

occupato, presentano il costantissimo fenomeno che si diminuiscono a poco a poco fino a scomparir del tutto, come avviene sempre nella prima circostanza, ed anche nella seconda quando quello spazio è in comunicazione coll'aria esterna a quei vasi.

Questo fenomeno chiamato *evaporazione*, e *vapori* detti le particelle liquide che sotto la forma di fluido elastico s'introducevano negl'interstizii dell'aria, fu sempre attribuito alla gran forza del fuoco rinserrato sia nei liquidi, e ne' corpi stessi, sia in essi intromesso col contatto e coll'azione d'un altro che moltissimo ne conteneva. Ma i filosofi differirono solamente nella spiegazione del modo come il fuoco produceva la diminuzione de' liquidi, o per meglio dire la di loro evaporazione. Alcuni opinavano che il fuoco riduceva alcune di loro particelle ad uno stato di tanta picciolezza, che ben volentieri l'aria era capace di assorbirle. Ma altri togliendo da mezzo una tale assorbione, riducevano il fenomeno ad un principio meccanico, ossia che quelle particelle così divise ed assottigliate, acquistando un peso specificamente più leggiero dell'aria, s'innalzavano a traverso di questa sostanza. Tali opinioni mancanti di principio, e di prova, o almeno molto incomplete a spiegare l'evaporazione diedero incominciamento alle grandi osservazioni di Muschenbroek, e di Leroi. Questo ultimo basò una teoria che ebbe moltissima voga, e che si sostenne fin nel 1813 in Germania. È necessario quì esaminare come Leroi la concepì, e quali sono state le prove che l'hanno perfettamente distrutta.

Leroi partiva dal principio, che l'aria aveva della molta affinità coll'acqua, e scioglieva questo liquido con quella stessa forza colla quale l'acqua scioglie i sali, non che colla stessa legge, e collo stesso andamento, cioè che siccome l'acqua riscaldandosi o raffreddandosi scioglie più sali, o parte depone di quelli che aveva in dissoluzione; così l'aria secondocchè è più o meno riscaldata, così la quantità de' vapori, o la quantità dell'acqua, che assorbe, e scioglie, è più o meno considerabile.

Senza tener più dietro a questa opinione, la quale presentava allora tutto il tuono della verità, e cui il fisico Montpellier avvalorò molto con delle ripetute osser-

vazioni, esporrò ben subito i principii, e gli esperimenti che l'hanno abbattuta.

I seguenti riflessi soddisferanno all'impegno propositoci.

1. Il paragone secondo cui Leroi spiegava la dissoluzione dell'acqua provenuta dall'azione dell'aria, esser simile a quella, che avviene del sale per mezzo dell'acqua, non è affatto giusto; perchè se il sale nello sciogliersi passa dallo stato solido allo stato liquido, e non acquista in cotal modo notabile gravità specifica; l'acqua poichè passa evaporizzandosi allo stato di fluido elastico ne acquista una grandissima sopra dell'aria, riflettendosi che la densità di quando era essa allo stato liquido sta alla densità che procurasi quando passa allo stato di fluido, come 1000 sta ad 1.

2. Si è conosciuto, che facendosi effettuare ad un Temp. data l'evaporazione in spazii chiusi perfettamente e comunque questi spazii fossero pieni d'aria, di gas, o che fossero anche assolutamente vuoti, il fenomeno succederà sempre; l'istessa quantità d'acqua, o del liquido si evaporizzerà; il tempo solamente varierà, cioè sarà picciolissimo quando quello spazio è vuoto, e più o meno grande secondo la densità di esso liquido, o lo stato di compressione e di peso, che può fare sulla sua superficie quell'aria, o quel gas qualunque intromesso nello spazio. Anzi se in questo spazio vi saranno alcuni vapori, l'evaporazione ne darà tanti altri quanti saranno necessari onde completare la quantità costante che ne deve emettere per quello spazio, e per quella temperatura assegnata. E noi ne vedremo la ragione nel §. 6o delle nostre lezioni.

3. Questi esperimenti debbono assolutamente escludere ogni affinità per lo mezzo nel fenomeno della evaporazione: perchè l'affinità modificandosi in diverse maniere, e cambiando al cambiar della natura delle sostanze che l'esercitano, e che s'introducono ne' surriferiti spazii, l'evaporazione del liquido dovrebbe essere di diversa quantità nelle varie sostanze. Ma è la stessa in tutte ed anche nel vuoto. Dunque l'affinità non può aver parte al meraviglioso fenomeno.

Questi tre riflessi sono stati sufficientissimi onde eliminare, e distruggere l'opinione di Leroi sulla formazione de' vapori, ed hanno dovuto indurre altri fisici all'e-

scogitazione d' un'altra ipotesi più adattata , e più soddisfacente. Il primo di questi che sia comparso e che abbia emessa un' opinione molto prossima alla vera , è stato il signor Deluc , che attribuendo l' evaporazione al calorico, diceva che questo unendosi al liquido lo trasportava nell' aria sotto la forma di fluido espansibile. Altri , e fra questi Gay-Lussac non han detto che lo stesso , ma sotto altre vedute , e con altri riflessi. Ora non volendo più perder tempo alle tante citazioni , ecco quali sono i principj dell' ipotesi moderna , ed a che questa si riduce.

I principj sono i seguenti.

1. L' evaporazione avviene anche nel vuoto. 2. È dessa proporzionale allo spazio in dove deve avvenire , ed alla temperatura. 3. Il tempo solamente è vario. Posti questi principj , come fa d' uopo supporre che 'l calorico agisca onde elevare l' acqua negli interstizii dell' aria ? Gay-Lussac ha detto che il calorico allontanando le molecole liquide fino al punto di farle mutare stato , non permette che più restassero in un mezzo di maggiore densità , e le costringe perciò a situarsi negli interstizii d' un altro corpo , le di cui molecole siano molte lontane le une dalle altre , come sarebbe l' aria per esempio.

Se il tempo poi è vario , lo è secondo le varie sostanze , che evaporizzano , o secondo le varie temperature , i varj spazj , e le varie sostanze gassose in dove avviene l' evaporazione ; e rileverete il tutto a tempo più opportuno , e più proprio (§. 6o).

Per mettere un qualche ordine alle tante teorie riguardanti la formazione de' vapori , non che la di loro natura , noi tratteremo 1.º di quella che risulta immediatamente dal calorico naturale esistente ne' liquidi , o nell' atmosfera , e 2.º dell' altra che proviene dall'aggiunzione di qualche altro calorico a quello che i suddetti liquidi possono naturalmente avere. A questa seconda specie di evaporazione si dà generalmente il nome d' ebollizione.

Della evaporazione propriamente detta.

Questa può considerarsi avvenire o nello spazio libero , ed illimitato dell' atmosfera , o in uno spazio limitato da de' mezzi qualunque. Per rilevarsi pienamente bisogna studiarla sotto l' uno , e sotto l' altro rapporto. Noi incominceremo dal primo.

54. Nella formazione di ogni evaporazione avvenuta nello spazio noi dobbiamo metter mente alla natura del liquido, al grado della temperatura, ed allo stato dell'atmosfera. La prima circostanza ci ha indotti a credere, dietro l'osservazione, e l'esperienza, che non tutti i liquidi evaporizzano egualmente; l'etere e lo spirito di vino evaporizzano più sollecitamente dell'acqua, e questa più presto degli olii grassi, del mercurio.... ec. La ragione di una tale differenza non deve dipendere che dalla quantità del calorico necessaria onde i liquidi passano allo stato aeriforme, quantità che è ben varia ne' differenti liquidi, come appunto differenti sali richieggono differenti quantità d'acqua onde essere disciolti.

La seconda circostanza è evidente, e comprensibile da se stessa, se rifletteremo che il calorico essendo la causa primitiva, ed anche l'unica, della formazione dei vapori, così a proporzione che la temperatura va ad elevarsi, la formazione de' vapori deve accelerarsi ed al contrario.

Anzi l'acceleramento di quest'ultima è molto più rapida dell'aumento della temperatura, poichè se questa accresce come i numeri 1, 2, 3, 4, l'evaporazione aumenta in un rapporto molto più grande, in modo che svapora un dato liquido più fra i gradi 10°. e 20° che fra quelli di 0°. e 10°. L'ultima circostanza è ancora comprensibile se ci ricordiamo della parte che abbiamo all'atmosfera attribuita nella formazione de' vapori: abbian detto che l'atmosfera riceve nel proprio seno delle particelle acquee, che incominciando ad imitare il modo dell'aria si son dette *aeriformi*, e quindi anche vapori. Ora ogui stato dell'atmosfera determina variamente questa sua disposizione; può stare che nulla affatto di vapori ella contenesse in se, ossia che fosse assolutamente *arida o secca*, ed allora avrebbe massima disposizione, o più interstizii a ricever vapori; potrebbe altra fiata succedere che ne contenesse ben molti, ed allora ben picciola quantità si coopererebbe a formarne, riceverne, e ad ammettere in se.

Questi leggieri riflessi debbono farci conchiudere che la quantità di vapori avuta dietro l'evaporazione è determinata dalla natura del liquido, dal grado della temperatura circostante, e dallo stato dell'atmosfera; cosic-

chè se si trattasse di determinare quanto vapore potrebbe in un dato tempo svilupparsi da un dato liquido, non si dovrebbe altro conoscere dietro la sua natura che il grado della temperatura, e lo stato dell'atmosfera.

Nou può concepirsi istante in cui la temperatura, e l'atmosfera ognuna dal suo canto desistano dalla formazione de' vapori; quindi costantissima, e continuata noi dobbiamo supporla avvenire ne' mari, ne' laghi, ne' fiumi, ed in tutte le acque in somma, che più della metà del globo terrestre debbono occupare. I vapori che ordinariamente si formano sono invisibili, perchè assorbiti immediatamente dall'aria, e sciolti da questo elemento come l'acqua scioglie uu sale.

L'esistenza se ne prova facilmente del pari che si prova che grandissima deve essere la quantità di questi vapori invisibili sciolti dall'aria; se noi prestiamo fede alle ragioni assai plausibili di Halley circa il quantitativo de' vapori che in un giorno d'està può dare il solo mare mediterraneo, dobbiamo dire con questo celebre fisico, che s'innalzano 52 mila, ed 800 milioni di botti d'acqua in forma vaporosa: qual'altro immenso cumulo adunque non deve estollersi di vapori dagli oceani non che dagli altri numerosi mari che bagnauo la nostra terra! (1)

55. Questi vapori invisibili determinano potentemente lo stato dell'atmosfera, la quale sotto di questo riflesso si dirà *umida*, o *secca*; gli effetti che vale a produrre sono ben numerosi, e fra gli altri quello d'ingrossare le sostanze, d'allungarle, o di restringerle secondo la diversa loro conformazione: oltrechè molto influendo sulla economia animale, e vegetabile giova a conoscerla o umida, o secca, e quali gradi di siccità, o d'umidità ella contiene (2). I fisici hanno voluto costruirsi degli istrumenti

(1) Dalton ha provato, che la quantità assoluta dell'acqua in vapori, cui l'atmosfera può contenere nel suo stato abituale è tra 0, 0166 e tra 0, 0033 del suo volume, incominciando dall'atmosfera della zona torrida che ne contiene dippiù, fino a quella dell'Inghilterra nell'inverno. Prendendo un termine medio a questi due limiti possiamo dire, che l'atmosfera contiene di acqua circa 1 0, 0142 del suo peso.

(2) Dicono i fisiologi che la quantità de' vapori esistenti nell'atmosfera molto contribuisce a modificare la traspirazione polmonale e cutanea; se è scarsissima, produce le infiammazioni, motivo per

a ciò adattati, detti *Igrometri*, ed il di loro principio fondamentale è stato come può facilmente comprendersi, la capacità che tengono le sostanze d'imbevansi, tanto quanto ne sono suscettibili, d'acqua, e dell'umido dell'atmosfera, e d'ingrossarsi o dilatarsi conformemente alla di loro organizzazione, tessitura, o disposizione delle fibre che le compongono.

Anticamente, i fisici per conoscere lo stato igrometrico dell'aria osservavano l'aumento del peso che acquistavano alcune sostanze, come la lana in fiocchi, o un sale. Ma tali corpi oltrecchè erano soggetti a molte alterazioni, male e per poco tempo potevano corrispondere al fine destinato, perchè o presto o tardi perdevano la loro qualità igrometrica. Furono costretti adunque di venire alla costruzione di quegli strumenti sopracitati. Saussure pel suo igrometro prese un capello, il quale si allunga per l'umidità, e per la siccità si raccorcia, ed in tali alterazioni si mostra molto sensibile. Per ottenere gli effetti più calcolabili, e visibili, l'aveva fatto passare due volte dentro l'acqua pura bollente per ispogliarlo di quella untuosità, che naturalmente lo ricopriva. Dopo di ciò egli per costruire l'igrometro, attaccava una delle estremità di questo capello ad un punto fisso, e quindi rivolgeva l'altra nella circonferenza d'un picciolo cilindro mobile in direzione contraria; all'estremità di questo cilindro era fissato un ago leggierissimo, e l'capello era tenuto in istato di tensione da un contrapeso di circa tre grani. La figura 18. può benissimo rappresentarlo.

Egli è facile ora a comprendersi che il capello allungandosi per l'umidità, o raccorciandosi per la siccità, il cilindro si muove intorno al suo asse egualmente che l'ago, la di cui punta misura il corso, ossia lo stato igrometrico dell'aria sopra un graduato quadrante.

A questo quadrante si rassegnarono de' punti fissi come s'erano segnati nel termometro. Per l'igrometro tali punti non potevano essere che gli estremi dell'umidità, e della siccità. Per ottenere questi estremi Saussure aveva

cui i viaggiatori delle alte atmosfere ne sono soggetti, essend' ben noto che là sopra la siccità è tale da restringere finanche i legni. Se è abbondante e continuata produce effetti opposti, debilita cioè le forze della vita, eccitando tutte quelle affezioni dipendenti dall'azione de' nostri tessuti.

posto l'istrumento sotto d' un recipiente di vetro a cui aveva inumidita di acqua tutta la superficie interna ; il capello si allungava perciò , e siccome si supponeva che questa sua umidità ed allungamento era giunto al massimo , così si segnava 100 un tale stato sopra del quadrante. Per aver l' altro punto fisso risaldava il recipiente per renderlo asciuttissimo , e sotto dello stesso unitamente all' igrometro poneva un pezzo di latta riscaldata egualmente e coperto di alcali fisso ; poichè questo sale assorbendo tutta l' umidità del recipiente , rendeva quell' aria secca per quanto si poteva , ed il capello accorciandosi al sommo segnava nel quadrante l' altro punto.

Bene compresa la costruzione di questo istrumento egli è chiaro a concepirsi le sue iudicazioni , non che le di loro cause rispettive. Avveniva per es. : che l' aria s' inumidiva , allora il capello cercandosi di mettere in equilibrio coll' aria circostante , s' inumidiva egualmente ; si allungava perciò proporzionatamente all' umido che assorbiva. Succedeva altra fiata che l' atmosfera addiveniva secca ; ed allora il capello ancorchè fosse stato bene umettato , si metteva in equilibrio , dava all' aria circostante un poco del suo umido , si accorciava in conseguenza e sempre in ragion della siccità » che acquistava. In somma s' allungava , o si accorciava più o meno secondo i varj gradi d' umidità , o di siccità esistenti nell' aria.

La semplicità dell' andamento dell' igrometro è bene speciosa ; ma varie cause l' alterano senza dubbio ; per es. il capello può allungarsi non solo per l' umidità , ma ancora per la temperatura accresciuta , e si raccorcia egualmente per la siccità , e per la temperatura bassa ; cosicchè nel summenzionato capello noi dobbiamo considerarci , ed effetto pirometrico , ed igrometrico ; ma il secondo , perchè più sensibile , e più rimarcabile del primo , è il solo che in tale istrumento è capace d' osservazione. Ma oltre di questa causa ha luogo egualmente la qualità del capello ; se abbiamo per esempio due igrometri , questi non indicheranno egualmente i medesimi gradi di umidità o di siccità , perchè i capelli in essi adoperati non saranno stati nè egualmente puliti bene , nè forse saranno stati egualmente grossi , e capaci di egualmente assorbire umido , o di cmettere quello che tenevano per disporsi alla

siccità. Sono tal' in convenienti quelli che ci fanno sospettare altamente delle indicazioni degl' igrometri.

Per dire qualche cosa finalmente dell' uso di quest' istrumenti portati in diverse altezze e a diverse temperature, ecco un quisito. L' igrometro in una pianura indica 50. gradi d'umidità, stante la temperatura (15° R.); portato poi sopra una montagna indica 56° d'umidità, stante la temperatura (8° R.). Si cerca ora sapere l'aria della montagna è più umida, o più secca di quella della pianura?

Senza tener dietro alle tante osservazioni, e correzioni fatte da Saussure per lo scioglimento di questo, e d' altri simili problemi, eccovene qui solamente i risultati servienti a tali soluzioni. Si osserva la differenza dell' umidità, che nel caso nostro è 6° g.; la differenza della temperatura è 7° . Questi due numeri bisogna adesso esaminare. Se sono eguali, allora l' aria della pianura è egualmente umida di quella della montagna; se sono dissuguali, allora se il numero relativo alla differenza delle temperature è minore di quell' altro relativo alla differenza dell' umidità, bisogna dire che l' aria della montagna sia più umida; avverrà l' opposto poi se il numero delle temperature sia maggior di quello dell' umidità.

Io non saprei tener dietro a questi particolari; ond' è che chiuderò l' articolo dell' igrometria, col ricordare al lettore l' igrometro di Wilson, il quale è formato d' una vescica di sorcio, riempita di mercurio, e comunicante con un tubo suretto. L' umidità dilatando la vescica, fa scendere il mercurio, e la siccità restringendola, lo fa salire. Non facciamo parola di quegli altri igrometri, che volgarmente son detti capuccini, poichè le di loro indicazioni possono essere false, nè conservano per lungo tempo la proprietà igrometrica.

56. I vapori finora spiegati, e detti invisibili, oltre dell' umidità, o siccità che determinano nell' atmosfera, sogliono ancora produrre un' altro effetto egualmente specioso, quali sono i venti. Affin di dir qualche cosa su di questo particolare, ci conviene enunciar qui una verità, cui appresso dimostreremo dietro l' insegnamento di Gay-Lussac, cioè che il peso specifico del vapore acquoso è minore di un terzo di quello dell' aria, che perciò di

due quantità d'arie egualmente dense quella che è più carica di vapore è più leggiera dell'altra che ne è caricata meno, ossia che è più *elastica* della seconda.

Ciò posto, supponendo noi una parte dell'atmosfera sopra carica di vapori ed essendo perciò più rara, e leggiera delle arie circostanti, si eleverà come il soghero immerso nell'acqua; e le altre arie circostanti piomberanno ad occupare il posto abbandonato; ed essendo maggiormente elastica essa stessa agirà sopra de' l'altre come per mettersi in equilibrio. Ecco quì un movimento nell'atmosfera, nel quale si rileverà sempre una corrente d'aria più o meno veemente correre i cieli, ed ora lambire le foglie, ed i frutti, ed ora fischiar tempestoso sulla terra, ed ora infuriar contro gli stessi edificj, ed eguagliarli al suolo. Queste correnti d'aria chiamate volgarmente col nome di *venti*, pigliano varj nomi secondo i luoghi da dove spirano. Fra questi venti alcuni compariscono uniformemente costanti sul nostro globo, come è il vento d'*Est*, il quale dominando nella zona torrida, rende col suo soffio men disagiato e triste il corso breve della vita a quelli abbronziti abitanti. Taluni altri si dicono *periodici*, perchè spirano in un determinato tempo per alcuni dati mesi lungo più luoghi, e coste ora d'un emisfero ora d'un'altro; tali sono per es: quello che nell'inverno spira sulla costa di Malacca, o quello che sull'istessa soffia nell'entrar del maggio: le efesie degli antichi come altresì i loro zeffiretti erano di tale specie, essi erano frequentissimi nella Grecia, e nel mare Egeo. Altri finalmente si dicono marittimi, o terrestri, secondocchè da' mari piombano sulle terre, o dalle terre piombano sù mari. Quì non accennu tutti quegli altri variabili, e momentanei, i quali alle volte formati a vortici di scherzano avanti i piedi, e che altre volte fischiano sulle colline o nelle pianure scompaiono là per là, quando appunto avevano suscitata la nostra curiosità onde osservarli.

Ma se abbiamo annunziati che i vapori frammisti nell'atmosfera erano la causa della formazione de' venti; dobbiamo ora ripassarli ad uno ad uno per così aggiungere a ciascuno di esso le particolarità che li caratterizzano.

Per i venti marittimi, e terrestri, egli è facile com-

prenderne la cagione, se si riflette che i primi spirano verso mezzogiorno, ed i secondi verso la sera. Quando il sole col rapidissimo suo raggio invade le superficie dei mari, e delle terre eccita la evaporazione, perchè viene ad accrescere la temperatura: l'evaporazione è maggior sull'acque, che sulle terre; ond'è che l'aria soprastante alle prime addivene sempre più elastica, fino a che pervenuta ad un dato termine di elasticità incomincia a spirare in qualità di vento sopra le coste, e rinfrescarne i paesi. Questo dato termine poi è sempre verso il mezzodì. Una ragione opposta ci persuade a conchiudere lo stesso per i venti terrestri. Verso l'ocaso dell'astro luminoso l'evaporazione è più secondata nelle terre che ne' mari; dunque l'aria soprastante alle prime addiverrà più elastica delle altre soprastanti a' secondi, e ne avverranno per conseguenza tutti questi soffietti, e leggieri venti, che si godono verso la sera al lido del mare.

Per i venti periodici non dobbiamo rimontare a diverse ragioni. Le già dette li spiegano egualmente ed egualmente bene. Solo è qui da riflettere che sovente concorrono alla formazione de' venti non solo le evaporazioni, o le elevazioni di temperatura, ma ancora lo sviluppo del fluido elettrico, le burascole tempeste, l'azione dei due grandi luminari la luna, ed il sole; e quando tutte tali concause si combinano a produrli, allora sogliono addivenire non solo impetuosi, ma piuochè irregolari. Qualche volta accade pure che mentre si gode un'aria tranquillissima; incomincia a soffiare un vento col pregiudizio enorme della salute, e delle piante.

Il vento d'Est finalmente, il vento più costante e regolare, richiede la nostra attenzione onde conoscerlo. Esso abbiamo detto spira nella zona torrida da Oriente verso Occidente. Il gran calore del sole ivi rarsa l'aria, e l'moto della terra da Occidente verso Oriente non che le correnti d'aria che da poli corrono verso l'equatore con una velocità molto minore di quella del suddetto moto della terra, son tutte cause che lo producono, e ne spiegano l'origine, e la natura. Imperocchè queste due correnti arrivano a ciascuno de' paralleli situati sul di loro cammino con una celerità angolare minore di quella del punto corrispondente preso sulla superficie del nostro globo. Dietro di questa spiegazione è stato det-

to che il vento d'Est è una semplice apparenza, un' assoluta illusione; mentre poi quel vento che vien prodotto dall'aria, la quale dall'equatore corre verso i poli, sarà reale ed effettivo; giacchè veramente questo vento viene cagionato dall'aria suddetta, corrente che essendo più veloce del punto corrispondente della terra, sul quale arriva, precederà questo punto andando verso l'Est; e da questa maggiore celerità ne risulterà sotto i poli il vento chiamato d'Ovest.

57. Posto dunque secondo Gay-Lussac che i vapori non si collocano che negl'interstizii, i quali ad essi l'aria offre onde riceverli, ne avverrà che quando l'aria è *umida*, ossia quest'interstizii sono di già stati occupati, i nuovi vapori che dovrebbero formarsi, trovano impedimento al di loro sviluppo; e se talora si formano, sia per aumento di calorico rinserrato nella terra, sia per tutt'altra circostanza a noi incognita, allora quei vapori non sarebbero che come galleggianti nell'aria; e se sull'aria galleggiano e non precipitano sul basso della terra, è, siccome ha osservato diligentemente Saussurre, perchè quei vapori sono come tante picciole sfere, simili alle palle di sapone che sogliono fare i nostri ragazzi. Una tal forma ha fatto chiamare *vescicolari* tutti questi vapori.

L'unione di tutti quei vapori, i quali compariscono ordinariamente nel mattino, sia perchè la temperatura è meno calda, sia perchè quelli vapori formati in tempo di notte non sono stati ancora ben sciolti dall'aria, ed occupano per conseguenza i suddetti interstizii fra le particelle aeree, l'unione, diceva, di tutti questi vapori costituisce le *nebbie*.

Al comparir dell'astro del giorno le nebbie ordinariamente scompaiono del tutto, poichè l'azione del sole avendo diradata l'aria, nuovi interstizii di questa si sono aperti a ricevere nuovi vapori; tal'altra volta questi vapori collocati sulle cime de' monti scompaiono a poco a poco, e tal'altra volta finalmente sollevandosi in alto nelle regioni del freddo, essi s'aggruppano in accavalcate masse, e formano le *nubi*. Se queste non piombano sulla terra, è perchè formate da vapori, che sono tuttora vescicolari si debbono considerare specificamente più leggiere dell'aria sottoposta. Ma oltre di questa ra-

gione ne abbiamo altre due egualmente persuasive e convincenti. 1.° L'aria interposta fra questi vapori siccome è umidissima, così è più leggiera dell'aria sottoposta; e quindi si deve quella considerare come una corrente ascendente propria a sostenere i vapori vescicolari formanti le nubi sull'atmosfera. E 2.° La temperatura sia de' vapori, sia di quell'aria fra essi interposta è molto superiore alla temperatura dell'atmosfera, per la ragione che in tempo di giorno ricevono, e ritengono il calorico raggiante del sole, e nella notte quello della terra.

Le nubi ammassate ne' cieli, e sottoposte all'azione viva del sole, possono talora sciogliersi in vapori, e scomparire del tutto; ma per l'ordinario avviene, che esse sorprese, sia da un denso freddo, sia sconcertate, ed urtate da venti furiosi e secchi, s'adilensano vieppiù, si riuniscono più intimamente fra loro, e non potendo più essere sostenuti dall'atmosfera sottoposta, piombano sulla terra a gocce a gocce. Tal'altra volta suole avvenire che l'aria perchè giunta al grado della congelazione, quei vapori possono convertirsi a *neve*, la quale giungerà a terra in forma di stella a sei raggi, se la loro cristallizzazione si effettua ad aria tranquilla, oppure in forma di fiocchi, se l'agitazione dell'atmosfera fa urtare fra loro quei piccioli cristalli, e li riunisce in gruppi.

Tutti questi fenomeni da noi fin qui spiegati formano parte della meteorologia, e *meteora* non significa, *che corpo il quale sospeso, o mobile nell'atmosfera produce un qualche fenomeno*. Siccome l'avvenimento poi di tali meteore suol tener serbate tante condizioni a noi incognite nella gran parte, e non vi sono mancati de' casi, in cui nel sole ardente di està, anche la neve è caduta su' monti, così dobbiamo dire con Hauy, che la meteorologia è la parte della fisica meno conosciuta nello stato attuale delle nostre condizioni.

58. *Origine de' fonti, e de' fiumi.* Uno de' più graziosi spettacoli, che la natura suole presentarci in non pochi luoghi della terra è quello de' rivoli, e de' fiumi, i quali qui stillando fil fil dalla cima di un colle, oppure là trapelando leutamente fra i numerosi screpoli d'un'orrida balza, brancolano meschini sulle prime, ma quindi mescolandosi con altri ruscelletti addivengono gonfi, e rigogliosi, sdegnando le sponde e gli argini, che vorrebbero rattenerli ne' proprii letti.

Per la spiegazione di un tanto fenomeno, i fisici antichi s'erano allontanati dalla considerazione delle piogge, le quali realmente danno le origini a' fiumi; sul riflesso, che credevano queste insufficientissime a somministrar tante acque, di cui pieni ne vanno tanti infiniti fiumi, che attraversano le campagne. Perciò fu che intrapresero ad escogitar sistemi ed a creare ipotesi, le quali morirono appena comparse. Alcuni pensarono che l'acque de' mari spinte dall'azione del flusso nelle latebre della terra attraverso le innumerabili-fissure, e quì spogliandosi d'ogni sale che avevano, s'andavano poi filtrando ne' varii vuoti del globo, ed a sgorgare ne' diversi punti della superficie terrestre. Ed altri con Cartesio creando nella di loro fantasia de' sotterranei canali, che mettevano fino nelle caverne a piè de' monti, facevano per questi cavi seni della terra trapassare l'onde de' mari, le quali quì deponendo ogni sale, che tenevano in dissoluzione, e ridotte a vapori dal calor centrale del globo, s'elevavano nelle pareti superiori di questa cavità, e quindi in dati luoghi si condensavano per via d'un raffreddamento. Cartesio in somma aveva in questo caso somministrato alla natura i nostri filtri, e lambicchi, e sognate innumerabili caverne, e sotterranei per tante operazioni.

Tutte queste supposizioni non giova dimostrare che sono fantastiche, quanto bizzarre; poichè se l'acque dei mari prima di ritornare a formare i fiumi debbono deporre in quelle latebre o cavi seni della terra i di loro sali; già ve ne sarebbero là stati depositati in sì gran numero, che affaldellatisi gli uni sugli altri a guisa d'immense masse, e monti inaccessibili, ogni caverna, canale e sotterraneo, avrebbero pienamente coperti, e ricoperti della di loro sostanza, o di altro che vi avrebbero l'acque potuto deporre.

Tali riflessioni fecero abbandonare le opinioni de' Cartesiani, e rivolgere la mente de' fisici a più accurate osservazioni relative al nobile soggetto che abbiamo fra le mani. Queste osservazioni non si rapportano che a conoscere il corso effettivo dell'acque sotterranee. Videro essi che queste acque sempre dall'alto discendono ne' piani sottoposti; che nessun fiume, o fonte scaturisce sulle cime de' monti, e se ciò avviene, lo deve essere per

un' altro monte , che più alto gli domina d' appresso , e che la scaturigine stessa di quest' acque veniva dalla natura stessa del monte determinata , ora alle falde , ed ora a' dorsi ; e che talvolta costretti a non poter sgorgare per nessun burrone proseguivano a scorrere ne' seni della terra , da dove l' uomo è giunto a ritirarle per via di pozzi profondissimi.

Queste osservazioni portarono a conchiudere subito , che la materia , la quale costituiva i fiumi , non poteva essere somministrata che dall' atmosfera e dalle piogge , le quali sovente precipitano sulla superficie del nostro globo.

Restava solo a vedere se quest' atmosfera , e queste piogge potevano non solamente rinfrescare , ed alimentare la natura vegetabile , ed animale , ma ancora dare materia a' rivoli , ed a' fiumi che noi vediamo. Ma le osservazioni ed i calcoli di tanti dottissimi naturalisti , avendoci portati a conchiudere che queste piogge potevano bastare all' oggetto , e che i vapori emessi dalle superficie de' mari , de' fiumi , de' laghi ec.... erano d' una quantità più incredibile , e che tutti o in parte riposti sulle cime de' monti , potevano attraversandoli ridursi ad acque , si decise ad ammettere per l' origine de' fiumi , e de' fonti non più che tutti questi vapori , e le piogge , che nel corso del tempo possono piombare sulla terra. Quindi i filtri , ed i lambicchi di Cartesio svanirono , e le soguate ipotesi degli altri non fecero altro tralucere che la gran massima del Neuton da serbarsi nella natura , cioè *che non si debbono ammettere d' alcuno effetto più cause di quelle che siano le vere , e che siano insieme bastanti a poter spiegare i fenomeni*

59. *Breve idea dell' acque minerali.* Avviene delle volte che l' acqua scorrendo pe' seni della terra s' imbatte in delle sostanze saline, nel ferro, nel zolfo , ed in altri acidi.... ec. allora essa sciogliendo tali sostanze , si mineralizza per dir così , e diventa acqua minerale. I medici distinguono quattro specie di quest' acque , le così dette acidole , che abbondano d' *acido carbonio* , le ferruginose che sono doviziose di ferro ; le sulfuree che contengono dell' idrogeno solforato , le saline finalmente che abbondano di principii salini.

L' acque de' mari non sono che di quest' ultima spe-

cie, e dall'osservazioni ripetute sembra che la quantità di sale in esse contenuta sia nel rapporto di 4 a 100; sebbene qui si dovesse riflettere che l'acque marine sottoposte all'equatore fossero molto più salse di quelle che s'avvicinano a' poli. Oltre de' sali le acque del mare tengono pure delle sostanze terrose disciolte dall'acido carbonico. Sono queste sostanze che producono le così dette *stillatiti*, quando le acque che le mantengono attraversano qualche masso pietroso, o di terra. Son desse stesse che esistenti qualche volta ne' fiumi, ne' rivoli, ne' laghi vanno ad incrostare sterpi di piante, legni, ed ogni altra cosa che possano incontrare. La petrificazione de' legni, de' pesci, delle conchiglie, che a dovizia s'incontrano, anche sulle vette dell'alte montagne non si deve rapportare che alla stessa causa, cioè a' succhi salsi lasciati forse su' varii luoghi della terra, quando vennero abbandonati da' mari che prima li dovevano occupare.

Quando tali acque minerali trapelando per le viscere della terra, passano per luoghi sovrapposti a' fuochi sotterranei, prendono il nome d'acque *termali*, che in grande abbondanza ne abbiamo nell'Isola d'Ischia, a Baja, nel lago d'Agnano, ed in molti altri luoghi del nostro regno.

Tutte le surriferite acque vanno sotto la classe generale di acque medicinali, atteso il vantaggio che se ne trae nelle malattie.

60. *Evaporazione avvenuta in uno spazio limitato e costante.* Quando l'evaporazione avviene in un vaso di certa capacità, e chiuso ermeticamente da tutte le parti, si osserva. « Che il volume del liquido diminuisce per l'evaporazione di una data quantità, dopo di che esso resta stazionario, ossia non evapORIZZA più: e che questa diminuzione si fa rapidamente nel vuoto, o in un'aria rarefatta; lentamente poi in ogni altro caso, impiegandosi quel tempo proporzionale alla densità dell'aria, e d'un gas contenuto nel vaso. » Di questo fatto possiamo domandare tre cose. 1.° Perchè il liquido resta stazionario dopo quella evaporazione. 2.° Quanto di liquido abbia potuto ridursi a vapori. 3.° Qual'effetto apporta nell'aria la miscela di tali vapori. Noi dimostreremo tutti questi punti, e quindi passeremo ad altre osservazioni.

1.° Quando si forma il vapore, il calorico situato

fra gl'interstizj dell'acqua tende colla sua elasticità a sollevare lo strato esterno di essa; ma questa elasticità è però diminuita dall'affinità esistente fra le molecole acquose; in modo che se chiamiamo C il calorico, ed F quest'affinità, la causa reale ed effettiva che produce i vapori si ridurrà a $C-F$. Inoltre il calorico interposto fra le molecole del vapore già formato esercita sopra di esse la sua elasticità, e l'effetto di questa forza può considerarsi come una pressione che il vapore formato esercita sull'acqua tutt'ora liquida: ma questa forza stessa è scemata anche dall'affinità che il vapore serba coll'acqua. Ora se questo calorico, e questa affinità dinotiamo colle lettere minuscole c , ed f , è evidente che $c-f$, esprimerà la pressione totale. Ciò posto egli è chiaro che l'evaporazione cesserà, quando si sarà avuta

$$C-F=c-f.$$

Da questa equazione si rileverà. 1.° Che accrescendo la temperatura, il primo membro $C-F$ si accrescerà parimente; diverrà dunque maggiore di $c-f$; ed affinché l'equilibrio si stabilisca converrà che $c-f$ accresca di pressione, val quanto dire, la quantità de' vapori dovrà essere accresciuta. 2.° Che accrescendo lo spazio, avverrà che la pressione espressa da $c-f$ non sarà da tanto onde resistere alla forza $C-F$ che vuol produrre l'evaporazione: quindi anche in questo caso vi saranno nuovi vapori. 3.° Potrebbe avvenire che la temperatura si abbassasse, o che lo spazio diminuisse, s'avrebbe in questo caso diminuzione di vapori, anzi parte di quello già formato si ridurrebbe ad acqua, o a liquido che l'aveva prodotto.

2. Tutto ciò che abbiamo finora detto ci porta a concludere, che in un dato spazio limitato, e ad una data temperatura non si forma che una data quantità di vapori. Ora si domanda in un piede cubico d'aria, e ad una temperatura di 15. R. quanti vapori si svilupperanno?

Saussurre per isciogliere questo problema si serviva di un globo di vetro di cui misurava la capacità, e quindi v' introduceva una quantità d'aria asciutta per quanto si poteva. Dopo di ciò metteva in quest'aria un panolino inzuppato di acqua, di cui aveva notato il peso, ed un' igrometro. Quando questo strumento addiveniva

immobile, allora era segno che l'aria s'era inumidita al massimo. Saussurre vedeva allora quanti graui d'acqua s'erano evaporizzati, e dividendo il numero di questi graui per quello de' piedi cubici che rappresentavano la capacità del globo, conchiudeva che alla temperatura (15. R.) in ogni piede cubico d'aria vi sono d'acqua 10. graui ridotta a vapore.

Questo vapore, la di cui quantità esprime la saturazione dello spazio, o dell'aria per esso ad una data temperatura, si è detto *vapore nascente*, il quale si distingue da ogni altro in ciò, che se ogni altro vapore rappresenta e serba fra le sue molecole una distanza maggiore di quella che richiederebbe il raggio della di loro sfera d'attività, e non son perciò sottoposte che alla forza del calorico, il quale le investe; il vapore nascente poi sparso in un dato spazio ammette fra le sue molecole uno slontanamento minore del sudetto raggio, e le conserva sempre in mezzo a quelle dell'aria, ed anche nel vuoto, egualmente distanti fra loro; cosicchè se questo spazio venisse diminuito, le sole molecole d'aria si ravvicinerebbero, ed alcune di quelle del vapore si ridurrebbero ad acqua quasi per dare alle altre la necessaria distanza che debbono serbare.

3. L'effetto finalmente che la miscela del vapore produce coll'aria, è che la forza dell'elasticità del primo risultante dalla temperatura s'unisce a quella dell'aria. Saussurre collo stesso apparecchio di sopra si serviva per provare questa verità. Aveva veduto che se il globo di vetro era vuotato d'aria, e vi si faceva evaporizzar dell'acqua al g.° (15. R.) la somma de' vapori era capace di fare equilibrio alla pressione d'una colonna di mercurio alta sei linee: aveva veduto pure che l'aria contenuta in quel globo ed asciutta per quanto si poteva, faceva equilibrio alla pressione della colonna di mercurio alta 27. pollici, ossia 324 linee: finalmente aveva conosciuto che mescolando vapore, e l'aria, la mescolanza faceva equilibrio alla colonna di mercurio alta 27 pollici, e 6 linee. E Saussurre per provare ciò si serviva del *barometro*, istrumento come vedremo destinato ad indicare la pressione ed il peso dell'aria, e che in questo caso vien chiamato propriamente *manometro*, ossia misuratore della rarità dell'aria.

Il celebre Laplace nella teoria dell' evaporazione comprova la stessa verità. Egli concepiva una fila di molecole d'aria alla temperatura 20° . capace a sostenere la pressione di 4. decimetri di mercurio alla stessa pressione. Finalmente riuniva queste fila in modo, che nella nuova fila dell' istessa lunghezza v' era una molecola d'aria, ed una di vapore, e così proseguendo. Questa fila resisteva alla pressione di 8. decimetri.

61. Questi grandi e meravigliosi ritrovati, i quali soli sarebbero bastati a fondar la gloria di quegli uomini che li scopersero, ci hanno aperta la strada a molte altre conoscenze, delle quali non ne numereremo quì che le sole principali, non potendo assolutamente tener dietro a tutte quante esse sono. 1^o. Si è conosciuto, che la tensione del vapore, ossia la quantità del vapore per tutte le temperature aumenta in una progressione sufficientemente considerabile: verità altrove accennata da noi, (54). 2.^o Si è pure conosciuto che se l' acqua bolle al grado 100, e l' alcool al g. 39. la tensione e la forza elastica del vapore è precisamente eguale; e togliendo da 100, e da 39. gradi 20. troveremo ne' gradi 80., e 19. le tensioni de' vapori esattamente eguali. Questo ci fa conoscere, che se il mercurio bolle al g. 350. e ne leviamo 100. g. resterà al g. 250; e pel detto di sopra si troverà avere in questo grado quella tensione che l' acqua può avere nel grado zero: se ne togliamo altri 20. g. si troverà il mercurio al g. 230., e l' acqua al g. 20., ove Biot ne ha valutata la tensione eguale ad un millimetro ed un terzo.

3. Si è potuto calcolare la gravità specifica del vapore paragonata a quella dell' aria. Gay-Lussac ha fatto questo calcolo. Abbiain veduto che 10 grani di vapore alla temperatura 15. R. in un piede cubo d'aria resistono colla di loro forza elastica a 6. linee di mercurio: ed un piede cubico d'aria sostiene una pressione di 27. p. ossia di 751. grani. Se supponiamo adesso che questo piede cubico d'aria debba fare equilibrio a 6. linee di mercurio, esso allora si dilaterrebbe in modo che il nuovo spazio dopo la dilatazione starebbe col primo come 324. linee sta 6. linee, cioè come 54: 1. Dunque il primitivo spazio non è che $\frac{1}{54}$ del secondo, e la densità di que-

sto secondo non più che $\frac{1}{54}$ della densità del primo : dunque il peso del piede cubico d'aria dilatata non è che $\frac{751}{54}$ grani cioè 14 gradi. Perciò la gravità specifica dell'aria sta a quella del vapore come 14 : 10 ; ossia che la gravità specifica del vapore è circa un terzo di quella dell'aria.

Della ebollizione

Lo sviluppo de' vapori , di cui fin quì abbiamo tenuto parola , non si è supposto cagionato che dal calorico naturale dell'atmosfera , e da quello che abbiamo potuto concepire ne' corpi stessi. Ma incominciamo ora a considerarlo come anche prodotto dal fuoco che si può sottoporre ad una data quantità di acqua trattenuta in un vase qualunque. Si vedrà che appena l'acqua sarà penetrata dal calorico , questo vi comparirà sotto la forma di tante striscie luminose , che si possono scorgere nel bujo attraverso del vetro : l'aria contenuta nell'acqua acquisterà elaterio , e le sue bolle si creperanno alla superficie. E dal crepito di queste bolle , e dagl'urti che le correnti ascendenti , e discendenti , dell'acqua possono fare sulle pareti del vase , che ne proviene quel sibilo o strepito confuso che noi sentiamo nel bollimento dell'acqua.

Questo bollimento ci porta alle seguenti considerazioni.

1.^o L'acqua nello stato di ebollizione segna 80. R. ; e tutto quel di più di calorico da cui potrebbe essere investita non serve che alla formazione de' vapori , questo di più può essere qualunque , poichè l'acqua segnerà sempre (80. R.) ; solamente la formazione de' vapori sarà più o meno abbondante , più o meno celere relativamente a quel calorico di soprabbondanza.

Poichè l'acqua non è capace di contenere più di 80. R. ne siegue , che se talora si espone a soffrirne di più , e non può evaporizzare , perchè ermeticamente chiusa da per tutte le parti , può produrre de' singolarissimi effetti : nel pignatto di Papin può concuocere le ossa , fondere il piombo , il rame.... acquista di più una forza elastica sì intensa che sarebbe capace di sbalzar dal detto pignatto in

forma di vapore o anche d'acqua, appena che se le presentasse un'apertura. Ne' cavi seni della terra, ove se ne è potuto deporre una parte dietro le piogge cadute, può esser investita da vulcanici fuochi attivissimi, ella si attiverà con tanta energia, e veemenza da cagionare tremuoti, screpolare montagne, abbattere edifici fino a che avrà rinvenute altre strade, in dove si è potuto dividere, e raffreddare.

2.° L'acqua bolle più presto, o più tardi secondocchè è più pura, o meno pura, e secondocchè la pressione dell'atmosfera è minore o maggiore di quella che si considera nell'esperienze fisiche, (cioè 28. g. del barometro). L'acqua marina di fatti bolle ad una temperatura maggiore di quella che bolle l'acqua distillata, o l'acqua piovana: poichè certamente una parte di calorico è impiegata ad investire tutte le parti eterogenee, che nell'acqua si possono ritrovare. Inoltre Saussurre ne' suoi viaggi fatti nelle alpi osservò che l'acqua alla vetta del Monte Bianco bolliva al g. 187 F., e che sotto il recipiente della macchina pneumatica lo svaporamento che soffre al g. 80 F. è più abbondante di quello che siegue al g. 212 F. che è il punto dell'acqua bollente.

3.° L'ebollimento studiato nell'acqua ha luogo in tutti gli altri liquidi. Solamente la diversa coesione di questi può ritardarla, o può accelerarlo, considerate eguali tutte le altre circostanze. Così se l'acqua bolle al g. 100. C., l'alcool bollirà al g. 39, l'olio di terebinta al grado 157. F'olio di lino a 316, il mercurio a 350. Anzi uno stesso liquido secondocchè può essere più, o meno denso, così impiegherà più o meno tempo onde arrivare nell'ebollizione « Si riguarda come un'esperienza di fatto che il tempo necessario per convertire in » vapore una quantità d'acqua fredda, è cinque in sei » volte più considerabile del tempo necessario per ridurre quest'acqua alla temperatura dell'ebollizione » (Dupin. T. III.)

*Osservazioni generali sulla formazione, e sulla
natura de' vapori.*

63. La prima cosa che osserviamo nella formazione de' vapori, è che questi formandosi si appoggiano gli

uni sugli altri a forma di strati. Lo strato che tocca la superficie dell'acqua ha per contrapeso della sua forza elastica la disposizione che ha l'acqua di svolgersi a vapori; di maniera che se per una cagione qualunque questa disposizione si trovi diminuita, lo strato suddetto compresso dagli altri che gli sono superiori si precipiterà nell'acqua, e si liquifera; immediatamente gli strati superiori si porranno in suo luogo, fino a tanto che l'equilibrio sarà stabilito.

2. L'acqua nello svaporare depone ogni sale che poteva avere in dissoluzione. Su questo principio stanno fondate le saline.

3. La formazione è facilitata, oltre dalla temperatura, ancora dal cambiamento dell'aria. Quindi quando spirano de' venti, e specialmente quelli che sono secchi, i vapori debbono essere accresciuti e non di rado avviene, che dopocchè essi sono cessati, la pioggia apparisce.

4. Lo sviluppamento de' vapori porta con se anche lo sviluppo di calorico da corpi ove avviene; ossia questi s'abbassano di temperatura insiemamente con tutti questi altri, coi quali potrebbero rattraversarsi in contatto. Una goccia di liquido versata sulla mano darà nell'evaporazione una sensazione di freddo. All'apparir del sole, apportatore della luce, e del calore sul globo della terra, il termometro per un momento si abbassa, e ciò avviene per quell'aumento di vapore che succede da pertutto, e quella porzione di calorico che cede alla rugiada di cui può essere coperto, rugiada che svapora all'azione del sole. Ravvolgete la palla di un termometro con un pannolino bagnato con etere, e quindi fate che il termometro venga agitato nell'aria, si vedrà che sensibilmente è stato abbassato. Tutto in somma pruova che i vapori consumano una copia considerabile di calorico; e che è la traspirazione per noi quella che ci fa rendere sopportabile il gran caldo dell'està, o ci fa perdurare per qualche tempo all'azione di un qualche vivo fuoco addetto a qualche opera.

Questa teoria ci fa spiegare varj fatti; così per es: quando i vapori si elevano nell'aria onde comporre delle nubi portando con essi del calorico, abbassano la temperatura dell'atmosfera, e de' corpi; e quando poi si sciolgono in acqua o in neve, essi restituendo parte del calo-

rico, innalzano la surriferita temperatura. Quando il ghiaccio, o la neve si stanno sciogliendo si prova del freddo, intensissimo talora, atteso il calorico che si debbe assorbire per tale liquidazione. In molti paesi si trae profitto da questa teoria per rinfrescare, e congelare l'acqua: si pone in alcuni vasi porosi chiamati *alcarazas* capaci di stacciare il liquido in goccioline, oppure si mette nei vasi che si fanno coprire di pezza umida. Questi vasi si pongano al contatto dell'aria, isolati per quanto è possibile da altri corpi, oppure si facciano oscillare come un pendolo sospeso ad una corda. Una evaporazione avverrà capace talvolta a ridurre l'acqua nello stato di ghiaccio.

5. Siccome s'è potuto conoscere che un chilogrammo di ghiaccio alla temperatura di zero deve acquistare 75. C. gradi di calorico onde passare ad acqua elevata anche alla temperatura di zero, così per passare questo chilogrammo d'acqua allo stato vaporoso, sono necessari 650. gradi. Difatti mischiate un chilogrammo di vapori con $5\frac{1}{2}$ chilogrammi d'acqua al grado zero; il me-

scoglio vi presenterà una massa di $6\frac{1}{2}$ chil. elevata alla temperatura 100. Vi ha dunque tra un chilogrammo d'acqua alla temperatura 100; ed un chilogrammo di vapore alla istessa temperatura una differenza di calore sufficiente ad elevarè $5\frac{1}{2}$ chilogrammi d'acqua dalla temperatura di zero alla temperatura di 100. Così si può dire che un chilogrammo di vapore contiene 650 g. di più che un chilogrammo d'acqua a zero.

6. Finalmente l'acqua ridotta a vapori può occupare uno spazio 1700 volte maggiore. Da ciò nasce la gran forza che nello spandersi acquista. Il Marchese Worchester avendo ripieno d'acqua per $\frac{3}{4}$ della sua capacità un grosso cannone, ed avendolo esposto orizzontalmente al fuoco attivissimo dopo 24 ore lo trovò crepato alla guisa di melagrana « Nelle memorie dell'Accademia delle » scienze per l'anno 1707 si leggono alcune osservazioni » di Vauban, il quale trovò che 140 libbre d'acqua con- » vertita in vapori producono una esplosione capace di » gittare in aria una massa di 77000 libbre, mentre che

» 140 libbre di polvere da fuoco non possono produrre
 » nn'eguale effetto, se non sopra una massa di 30000
 » libbre, sicchè la forza dell'acqua in vapore sarebbe in
 » tal caso più del doppio di quella della polvere » (Haüy).

Ciò ha dato luogo alle tante macchine, che si sono costruite, e che si vanno costruendo coll'uso de' vapori. I battelli, ed i navigli valicano a piacimento del pilota le onde de' mari a dispetto de' venti, e delle correnti contrarie: le vetture camminano senza cavalli, ed un Americano ha annunziato che giungerà a diriggere i palloni aerostatici col medesimo mezzo. Nel 28 luglio 1832 fu varato a Londra un bastimento di ferro, e che serve a rimorchiare i bastimenti mercantili del fiume Gange; la sua grandezza è rimarchevole, è lungo 125 piedi, e'l ferro della grossezza di mezza polzata è fissato da 30,000 chiodi ribattuti. A Tours nello stesso anno si costruì un carriaggio a vapore per uso della strada di ferro della Loira. Esso è ammirabile per la celerità, e per la quantità delle robe che può trasportare; fa da 25 miglia ad ora, essendo ad esso attaccate otto grandi carrozze con 40 persone dentro, quattro carri di carbone, ed un altro addetto al trasporto di tutti gli altri attrezzi, e le provviste, Gurney ha fabbricata una carrozza che può salire, scendere, e girare come le carrozze consuete a quattro cavalli: si può aumentare o scemare la sua celerità, aumentando, o diminuendo l'azione del vapore: giunge a fare 12 miglia ad ora.

In somma nelle sue applicazioni il vapore vale a produrre meravigliosi effetti, e non lieve gloria si deve a coloro che con ingenti travagli, e sommi pericoli ardiranno per i primi adoperar sì energico elemento ed alla navigazione, ed alle vetture, ed alle illuminazioni ancora de' teatri, e delle città. La descrizione delle macchine a vapore non è del nostro scopo; oltre a che ci porterebbe troppo a lungo, i giovani poi per i quali scriviamo non sarebbero nel caso di comprenderla. (1).

(1) Le teorie esposte avrebbero richiesto un più dettagliato esame: ma i limiti prefissi ad una istituzione elementare non ci hanno permesso di più. Solo qui diremo che i fluidi aeriformi finora trattati sono di quelli chiamati non permanenti, perchè possono ritornare allo stato liquido, o allo stato solido, a differenza di quelli altri, di cui incominceremo a trattare fluidi chiamati *permanenti*, o gas propriamente detti.

64. *Idea de' gas.* La parola gas non significa nel suo vero senso etimologico che *spirito*, e s'adoprava in altri tempi per dinotare ogni dissoluzione trasparente ed insensibile di una sostanza sia semplice sia composta per mezzo del calorico. Oggi giorno è impiegata a dinotare tutti quei fluidi aeriformi permanenti, quelli cioè che quantunque eminentemente compressibili e dilatabili, non mutano però stato sotto qualunque pressione o grado di raffreddamento a cui potessero assoggettirsi. L'aria in mezzo alla quale noi possiamo vivere è dessa stessa un gas.

I gas inclusi i vapori, formano lo stato aeriforme o elastico della materia. Convien dunque conoscerli ed apprezzarli: non menzioneremo più i vapori perchè alquanto discussi e trattati, ma solo ci atterremo alla esposizione de' primi, ossia de' soli gas.

Questa esposizione non porta seco tutto ciò che ai gas possa appartenere, poichè noi qui trattando di fisica non dobbiamo che citare le loro *proprietà fisiche* ed i fenomeni che ci possono produrre. Quindi se abbandoniamo al chimico le *proprietà chimiche de' gas*, e le di loro combinazioni infinite, riserveremo a noi solamente quelle che abbiamo in essi accennate coll'epiteto di *fisiche*, e le azioni, e gli effetti, e i fenomeni che ci possono additare.

Le proprietà fisiche de' gas sono la di loro trasparenza, l'invisibilità, la compressibilità, l'espansibilità, l'elasticità.... ec. proprietà che relativamente a' gas possiamo considerare come in gran parte trattate; e conosciute, giacchè lo studio de' vapori ci ha portato ad una qualche conoscenza di queste cose; e *tra vapori, e gas alla fine non passa di differenza se non quella maggiore, o minore costanza nella di loro fluidità elastica* (1).

Tali proprietà appartengono nel modo più lampante all'aria atmosferica: trattando dunque di questa, il di loro studio sarà addivenuto completo, e perfetto. Anzi riconoscendo nell'aria peso, densità, dilatazione pel ca-

(1) I chimici moderni tengono molti mezzi onde render liquidi i gas. (Vedete *Colin*, chimie pag. 537.)

lore, restringimento pel freddo.... ec. oltre le surriferite proprietà, così di questi gas ne rileveremo ancora le di loro densità o pesi specifici, la di loro facoltà di dilatarsi, o di restringersi, esposti a diverse temperature, o sotto diverse pressioni. Il di loro studio adunque non può essere meglio trattato in fisica, che considerarli quasicchè in massa, per dir così, e rimestare tutte le di loro teorie in una sola.

Non si potrebbe somministrare a questa teoria principio migliore, quanto gittare una rapida occhiata sù di alcuni principali gas, i quali oltrechè combinati producono l'aria stessa, sono poi componenti essenziali a delle sostanze organizzate viventi, e a delle sostanze puramente inorganiche. Questi gas sono l'ossigeno, l'azoto, l'idrogeno, ed il carbonio.

65. *Dell'ossigeno.* Questo gas è un fluido elastico, aeriforme, permanente, invisibile, trasparente, inodoro, ed insipido. Fu detto *ossigeno*, perchè entra nella composizione di tutte quelle sostanze che la chimica chiama *acidi*, non significando esso stesso nel suo senso etimologico che *generatore degli acidi*. Prima di un tal nome datogli dal famoso Lavoisier, egli si disse da Scheele *aria del fuoco*, perchè combinandosi colle sostanze infiammabili produce la *combustione*; ed essendo ancora il solo proprio alla respirazione, e necessario alla vita, si disse pure *aria vitale*.

L'ossigeno esiste nella più gran parte de' corpi che esistono in natura; combinato coll'azoto produce l'aria, coll'idrogeno genera l'acqua, e nelle sostanze animali è desso un'elemento quasicchè indispensabile. Quando si combina coi metalli, e con altri corpi toglie a questi le loro proprietà metalliche, e li riduce a delle sostanze terrose o vitrose di diversi colori; sostanze che si chiamano *ossidi metallici*, *terre metalliche*.

Payen ha scoperto che il ferro e l'acciajo non si ossidano immersi nell'acqua ove sta sciolta la potassa, o altri alcali. Il signor Thenard ha il tutto verificato con due canne da schioppo; una di queste immersa in una soluzione alcalina e quindi esposta in un luogo umido, conservò tutto il suo lucido; l'altra poi che non era stata immersa in quella soluzione, fu tutta guasta e corrosa dal-

la ruggine. Tali ritrovamenti non si devono che all' anno scorso 1832.

Si può considerare finalmente quasicchè nello stato puro, se in una storta si riscalda del *manganese*; poichè questo svilupperà una quantità assai grande d'aria che sarà quasi tutto *ossigeno*. Si è potuto ancora ottenere dalle foglie degli alberi; scoperta ammirabile che ci ha fatto riputare tali foglie non più che quali elaboratorj dell'aria che dobbiamo respirare.

66. *Dell' azoto*. È questo una sostanza senza odore, senza sapore, e senza colore; distrugge ogni vita, ed impedisce ogni infiammazione; combinata per altro coll'ossigeno, e con altre sostanze è d'una tale necessità che senza azoto non vi sarebbero sostanze animali, nè aria atmosferica. La sua conoscenza non si deve che a delle sole qualità negative che può possedere; e non v'ha fenomeno osservabile, che gli sia proprio, e che possa servire a distinguerlo direttamente: un solo carattere positivo par che desso abbia, dice Cavendish, ed è che combinandosi coll'ossigeno in una data porzione (1) forma l'*acido nitrico*. Su questo riflesso gl'Inglese lo hanno chiamato *nitrogeno*, denominazione datagli dal famoso Chaptal.

Si può ottenere se in un volume d'aria ermeticamente chiuso si fa bruciare una quantità sufficiente di fosforo: un quarto circa di questo volume scompare, e ciò che resta è *gas azoto*.

Le piante sono avido di questo fluido. Si può quì argomentare del vantaggio delle piante, se ci ricordiamo che claborandoci esse un'aria vitale, scemano per quanto possono quell'aria disadatta alla vita.

67. *Dell' idrogeno*. Il gas idrogeno o aria infiammabile è un fluido aeriforme, invisibile, trasparente, d'un odore dissagradevole, e l' più leggiero corpo che abbiamo nella natura, essendo tre, o quattro volte più leggiero dell'aria. Esso è disadatto alla respirazione ed alla combustione quantunque combinandosi con tre volte il suo volume d'aria atmosferica, o coll'ossigeno brucia viva-

(1) Una parte di azoto, e 2 $\frac{1}{2}$ d'ossigeno. (Ved. chim. du Colin. p. 151.)

mente e produce una violenta detonazione. Ne risulta così l'acqua, ond'è che riconosciuto qual *generatore dell'acqua*, ebbe da Lavoisier il nome surriferito d'idrogeno.

Questo idrogeno esala dalle miniere, e dalle acque appaltate, e si ottiene sciogliendo del ferro, o del zinco nell'acido muriatico, o nell'acido solforico allungato nell'acqua.

68. *Del carbonio*. Il gas carbonio altre volte chiamato *aria fissa*; ed uno de' primi componenti di moltissimi o di quasi tutt'i corpi; è un fluido aeriforme permanente, condensabile dalla pressione, senza colore, d'un sapore leggermente *acidolo*, e molto più pesante dell'aria atmosferica. Per questa proprietà esso in alcuni luoghi si accumola a foggia di uno strato alto di alcuni piedi, e si è veduto che in esso veruno animale può vivere, lo che ha fatto dire d'essere assolutamente irrespirabile.

Si sviluppa quest'aria fissa da moltissime sostanze, e siccome si è conosciuto d'essere consimile a quella prodotta dall'infiammazione del carbone, così si disse *gas carbonico*, o *acido carbonico* per avere tutte le proprietà dell'acido. È questo che potendo essere combinato coll'acqua forma la parte essenziale delle acque dette minerali (1).

Dell'aria atmosferica (2).

69. Le pratiche tenute da Humboldt, e Gay-Lussac onde conoscere la natura chimica dell'aria atmosferica, diedero i seguenti risultati: cioè che un volume d'aria atmosferica eguale all'unità contiene i quattro mentovati gas nelle seguenti proporzioni.

Ossigeno o, 210. Azoto o, 785.
Acido Carbonio o, 005. Idrogeno o, 003.

(1) Quantunque vi sarebbero da descrivere altri sei gas principali cioè il borio, il fosforo, il zolfo, il iodo, il cloro, e l' bromo, pure ci arresteremo ad una tale esposizione, poichè è di competenza del chimico l'esporre tutt'i gas, che sono i principali elementi della cose, e le di loro infinite combinazioni.

(2) *Atmosfera* significa sfera di vapori, e del suo colore azzurro si vedrà appresso quale possa essere la cagione.

Il sullodato Gay-Lussac in un viaggio da lui intrapreso pei cieli ha fatto conoscere che queste proporzioni, almeno per rapporto all'ossigeno, sono costanti. Egli si elevò fino all'altezza di 6636 metri, riempì di quell'aria un globo vuoto, ed avendola paragonata con quella della scuola politecnica trovò la surriferita verità.

70. *Sue proprietà fisiche.* L'estensione, la figura, la porosità, la mobilità, il peso, l'elasticità... ec. sono queste proprietà fisiche, e ne possiamo acquistare un'idea alquanto precisa, se osserviamo la natura delle particelle che la compongono. Si conosce primieramente che le sue particelle non sembrano godere alcuna attrazione reciproca. 2.^a Che queste al contrario animate da una forza di ripulsione, cercano d'allontanarsi le une dalle altre. 3.^a E che sono eminentemente mobili.

Ma fra tutte queste proprietà ne studieremo due con tutta precisione attese le conseguenze a cui ci condurranno, cioè il peso, e l'elasticità.

71. *Del peso.* Tutt' i fisici anteriori a Galileo avevano negato ogni peso all'aria, non avendo ancora escogitato un mezzo onde provarlo. Che l'aria si addita senza peso sensibile, lo deve essere necessariamente, se si riflette che un volume qualunque d'aria il quale sottoponiamo alle nostre osservazioni, perchè situato nella grande massa totale dell'atmosfera deve perdere ogni peso, tanto più che quella massa è della stessa densità che esso stesso. Fu nel 1640. quando il fisico italiano dovè scorgerlo chiaramente in occasione che alcuni fontanari volevano innalzare l'acqua in alcune trombe ad una altezza maggiore di 32 piedi. Ma affinchè questo fatto ben si conosca ecco ciocchè bisogna premettere. L'acqua nelle trombe s'innalza fino all'altezza di 32. piedi, e se di questo innalzamento si domandava la ragione, i fisichi lo attribuivano ad un orrore che la natura aveva pel vuoto. Ora avvenne ai sudetti fontanari, che dovevano elevar l'acqua ad un'altezza maggiore di 32. piedi, che giunta a questa altezza non più ascese, quantunque il vuoto v'era in queste trombe. La novità del fenomeno, l'alterazione della natura in questo caso, e l'impegno in cui s'era d'ottenere quell'innalzamento, indussero quei fontanari a ricorrere a Galileo, fisico la di cui rinomanza è tuttora superiore a quelli che lo succedono, e che allora era un prodigio di sapere, e d'elevatezza d'ingegno.

Si vuole che Galileo avesse risposto a quelli , che fin là la natura aveva orrore pel vuoto. Ma la critica avendoci fatto credere Galileo incapace di una sì sciocca risposta , egli stesso in quest' occasione dovè travedere il peso determinato , che aver doveva l' aria atmosferica , e che a questo peso , e non già ad un orrore che la natura aveva pel vuoto si doveva attribuire l' innalzamento dell' acqua nelle trombe fino a 32 piedi.

Ma Galileo memore ognora de' sommi travagli sofferti pel moto della terra , e non volendo più cimentare la sua pace coll' ignoranza , e colla superstizione , egli stesso dovè tacersi del peso dell' aria , e seco portò-sepolto nella tomba il nobile pensiero. Torricelli suo discepolo , e giovine ardito palesò l' importante scoperta , e si stabilì fin d' allora che l' aria atmosferica premeva sopra di una superficie d' un piede quadro quasi quanto una colonna d' acqua alta 32. piedi , e che il peso totale di quest' aria sopra un uomo di media statura era di circa 33600 libbre. In Francia nel medesimo tempo si conobbe pure che questo peso scemava secondocchè si ascendeva nelle alte montagne , e ripetute osservazioni ci hanno fatto conoscere , che l' uomo non può vivere se non sotto una qualche pressione , la quale se scemasse del tutto o fino ad un dato segno , egli proverebbe delle ispirazioni frequenti , una respirazione difficile , un assopimento e quindi una morte sicurissima ; e da ciò che ha detto Saussurre hassi da opinare , che quel grado non debba oltrepassare 2450 tese al di sopra del livello del mare.

Tali ritrovati non erano che il germe di tutto quell' altro che in seguito , e ne' secoli più illuminati doveva scoprirsi. Torricelli istesso aveva escogitato un' istrumento onde rilevare il peso dell' atmosfera , il quale si conobbe poter essere variabile ne' varj tempi , ne' varj luoghi , etc. Cassini e Saussurre s' avvertirono di questa varietà proveniente da vapori sparsi più o meno nell' aria , dall' efficacia de' venti , e dal calore dell' atmosfera. Pascal conobbe che queste pressioni erano secondo le altezze in ragione inversa. La perfezione dunque di quell' istrumento fu come la chiave di tante teorie che si conobbero in seguito , e di quella , se non altro , di poter misurare le altezze dei monti , e de' diversi luoghi della terra rapportati al livello del mare , che si deve considerare come la parte più bassa della superficie della terra.

72. *Del barometro.* Per far comprendere il barometro come sia formato, e come i diversi pesi dell'aria vi si possono leggere, immaginatevi un tubo di vetro lungo più di 30 pollici, e chiuso ermeticamente alla parte superiore; sia questo curvato nella parte inferiore, ed in comunicazione coll'aria. Egli è dunque della forma di quì sotto (*fig. 19.*). Per altro varie possono essere le forme de' barometri, ma noi non intendendo qui parlare che del meccanismo generale di questo strumento, è così che non faremo parola di quelle varie forme.

Questo tubo, dopocchè è stato ben purgato dell'umidità, e gli si è estratta tutta l'aria si riempie di mercurio ben purificato da tutte le particelle eterogenee che potrebbe contenere. Si potrà nella posizione verticale; il mercurio ascenderà ad una data altezza del tubo BC, e tutto quel mercurio che vi sarà fra la linea AO del livello, e fra la linea che fissa la data altezza si comprenderà, che sarà sostenuto dalla pressione dell'aria atmosferica, e si comprenderà pure che quest'altezza, e questa linea di livello cambieranno posizioni secondo le varie pressioni che spiegherà l'aria sul mercurio della parte picciola ricurva AD. Queste diverse pressioni si conteranno nell'alzarsi o nell'abbassarsi che farà il mercurio nella colonna BC.

Ma affinchè dell'istrumento si acquisti un'idea completa è necessario conoscere, ed avvertire alle seguenti cose. 1.° Quando si cerca costruire un barometro si osserva l'altezza a cui arriva il mercurio nel tubo lungo dell'istrumento, essendo al lido del mare, ed alla temperatura media (12. R.). 2.° Lo spazio fra questa altezza ed il livello del mercurio si è diviso a pollici, o a centimetri secondo i Francesi, incominciando da questo livello. Ond'è che questo livello si chiama il zero del barometro. Eseguita questa divisione noi arriviamo a conoscere che il mercurio sale alla temperatura media fino a 28 pollici, o millimetri 763. secondo i Francesi. 3.° Questa divisione viene scritta su d'una tavoletta, che forma parte dell'istrumento: oltre di questa tavoletta ve ne può essere un'altra la quale oi faccia comprendere, e vedere le frazioni di questi pollici, o di questi centimetri. 4.° L'una, e l'altra tavoletta è mobile, almeno la seconda in tutt'i barometri; poichè la prima può es-

ser mobile in alcuni di questi istrumenti soltanto, e non in tutti. È mobile in tutti quelli della forma da noi designata, poichè questa tavoletta deve sempre situarsi col livello del mercurio, cosicchè se il livello passa in x , o in y , anche là si deve innalzare o abbassare la tavoletta; ed i numeri 26, 28, 29.... che corrispondono all'altezza del mercurio saranno i numeri che c'indicheranno le varie pressioni dell'atmosfera. Può essere immobile in alcuni altri, come in quelli ove il livello si può far restare fisso: come il barometro di Fortin espresso dalla (fig. 20). In questo barometro il cannello sta viluppato in un cilindro di rame, ed immerso in un bacino, di cui si aumenta, o diminuisce la capacità in guisa da far sempre corrispondere il livello del liquido contenuto nel bacino col zero della scala. 5.° Da tutte le osservazioni fatte si è conosciuto che, nè gl'innalzamenti hanno passato 29. nè gli abbassamenti hanno toccato il 26. Quindi solamente quella porzione di tavoletta fra 26, e 29 si divide, e si suddivide per le accennate indicazioni. Sul riflesso che quando il barometro si eleva il tempo è ordinariamente sereno, e quando si abbassa addiviene variabile, e piovoso, così si è cercato almeno negli anni scorsi di affiggere al barometro un'altra tavoletta, su cui venivano ricordate le altre qualità de' tempi corrispondentemente alle variazioni del mercurio. Nel giorno d'oggi non si attacca più quel credito, e quella fiducia, che si attaccava prima a simili indicazioni. Rilevasi, ha detto il Cavalier Poli, dalle osservazioni praticate in Padova dal Marchese Poleni durante il tratto di dodici anni, che tra mille predizioni fatte dal barometro sulle qualità del tempo, se ne avverarono soltanto 645. Questo ci fa sempre più conchiudere, che la meteorologia è la parte della fisica menò conosciuta, e che più a lento passo marcia verso la sua perfezione, se pure è da credersi ad un tale andamento. Pur tuttavia dalle ripetute, ed infinite osservazioni fatte sulle variazioni del mercurio nel barometro, si è potuto conchiudere. 1.° Che le variazioni del barometro sono pressochè nulle sulle alte montagne, e fra i tropici, ma sempre possono aver luogo ne' tempi di calma, e nelle zone temperate quantunque poco considerabili, e che all'appressarsi della tempesta, il barometro si abbassa. 2.° E che le varietà barometriche al-

meno per un medesimo luogo hanno una specie di periodo, cosicchè il massimo dell'altezza è alle 9 ore del mattino, e'l minimo alle 4 della sera: il massimo poi ricomparisce alle ore 11. Sebbene quest'andamento è sovente disturbato nelle nostre contrade, esso è però costantemente tale fra i tropici.

Noi non possiamo passare alle altre conoscenze che ci può somministrare il barometro colle ascensioni, o abbassamenti del mercurio, se pria non ricordiamo gli errori a cui possano queste varietà andare soggette, ed i metodi convenienti onde correggerli.

73. Gli errori a cui vanno soggetti i barometri nell'indicare le diverse pressioni dell'atmosfera sono provenienti dalla temperatura, e dall'azione capillare che'l vetro del tubo può spiegare sul mercurio. A questi se ne aggiungerà un altro, se il barometro si considera trasportato ne' varj luoghi della terra, poichè siccome la gravità varia, così le indicazioni barometriche possono essere false ed inesatte.

Per questi errori si sono escogitate delle correzioni, ed eccole quali possono essere.

1.° La temperatura abbiain detto che è una causa di tali errori; ed ognuno se ne persuaderà, perchè il calore dilatando il mercurio lo renderà più leggiero sotto d'un eguale volume, e quindi dovrà elevarsi più di quello che avverrebbe se questo calore non vi fosse; bisogna dunque in questo caso sottrarre qualche cosa da questa altezza. Ma di quanto deve essere questa sottrazione? Deluc ha dimostrato, che per ogni grado del termometro centigrado il volume si dilata di $\frac{1}{5432}$ del suo volume; quindi per

ogni grado al di sopra di zero bisogna sottrarre $\frac{1}{5432}$ dalla colonna osservata. Bisognerebbe poi aggiungerlo per ogni grado al di sotto di zero.

È stato per queste correzioni da farsi, che ogni barometro va accompagnato da un termometro, il quale gl'ista unito, e che si chiama *termometro del barometro* necessario ad indicare di quanti gradi si eleva per la temperatura il mercurio del barometro. Egli è evidente che il zero di questo termometro barometrico deve corrispoudere allo stato naturale del mercurio, a quello stato cioè che

un termometro qualunque rappresentava quando si cercava designare il grado 0, 763. nella colonna del barometro. Noi abbiamo detto che questo stato corrispondeva al g. 12. R. Oltre di questo termometro poi si doveva sempre averne un' altro che si diceva *termometro libero*; ed era della specie di quelli già descritti.

2.° La seconda causa d'errore abbiamo detto, che sia l'azione capillare che fa abbassare alquanto il mercurio nel tubo. Ma questo errore vien corretto dalla forma che si può dare al barometro; facendosi cioè questo della forma d'un sifone come il già designato da noi, e come è quell' altro tanto famoso di Gay-Lussac (Fi. A), la depressione capillare è precisamente la medesima ne' due tubi, e si compensa esattamente.

Nel caso poi che il barometro fosse di altra forma, come era quello di Torricelli consistente in un tubo dritto, immerso con una sua estremità verticalmente nel mercurio, bisognerebbe allora ~~di~~ non far questo tubo così stretto, poichè in questo caso l'azione capillare non avrebbe tanta energia. Si è potuto di fatti calcolare che in un tubo del diametro di due millimetri, la depressione del mercurio era di 4^{mm}, 5599: che in un' altro del diametro di 7 per es. la pressione era 0^{mm}, 8813; in un terzo finalmente del diametro di 20 millimetri, la depressione era di 0^{mm}, 0352.

3.° Per ciò che riguarda la correzione relativa alla gravità terrestre sul mercurio del barometro non possiamo sul momento nulla asserire. Se ne discorrerà un poco più tardi cioè quando saremo nelle circostanze di poterci spiegare, e di essere compresi.

MISURA DELLE ALTEZZE PER MEZZO DEL BAROMETRO (1).

74. Non possiamo giammai pervenire a questa misura, se non riflettiamo sopra i seguenti principj neces-

(1) Se l'aria fosse da per tutto egualmente densa, ossia si rassomigliasse all'acqua che è un fluido quasiché incomprensibile, sarebbe facilissimo rinvenire le diverse altezze che noi brameremmo. Soltanto ci sarebbe bisogno di conoscere il rapporto del peso che esiste tra una data quantità di mercurio con un'eguale quantità d'aria. Ora questo rapporto è stato trovato da Deluc; ma da Biot, e da Arago rinvenuto più esatto, noi questo adopereremo nelle os-

sarj all' operazione , alla scoperta cioè di quella misura. Questi principj si riducono a' due seguenti.

1° La densità dell' aria cresce o decresce in proporzione della pressione, purchè l' aria sottoposta agli esperimenti sia sempre la stessa , ed alla temperatura costante. Questo principio è semplice e dimostrato da tutte l' esperienze. Ecco qualche pruova nella nota (1).

2° Nello stato d' equilibrio la densità dell' aria deve decrescere dal basso in alto nella progressione geometrica, stanti le rispettive altezze in progressione aritmetica.

Per dimostrare questo principio che unito al primo forma a vero dire la così detta legge di Mariotte, supponiamo una colonna d' aria , quale sarebbe ABCD (Fig. 22), che contenga i diversi strati $a, b, \gamma \dots$ la cui densità varia da uno strato all' altro secondo le rispettive pressioni dell' aria soprastante.

servazioni. Esso è espresso dalla frazione $\frac{1}{10475}$. Ciò posto , se il barometro alla superficie della terra segni $0,763$, allora l' altezza dell' intiera colonna atmosferica sarebbe , $0,763 \times 10475$. Ma se trasportiamo il barometro sul pico d' una montagna , e questi segni , $0^m 56$ si conchiuderà che l' altezza della colonna atmosferica da questo luogo sarà $0,56 \times 10475$. Se dunque da $0,763 \times 10475$ sottraghiamo $0,56 \times 10475$, la differenza rappresenterà l' altezza della montagna da sopra la superficie della terra. Si vede dunque da ciò che l' atmosfera se fosse nella condizione da noi supposta , sarebbe da noi subito calcolata nella sua altezza da ogni luogo della terra , ed immediatamente ancora si potrebbero calcolare le differenze di livello da' luoghi elevati a quei più bassi, da questi a' bassissimi, quali sono tutt' i luoghi marini. Ma non essendo tale , conviene venire a' metodi seguenti spiegati nel testo.

(1) Mariotte per ciò dimostrare aveva fatto un tubo quale è espresso dalla figura 21. Ci aveva posto del mercurio fino al livello BD. Quando il livello era stabilito l' aria contenuta in CD faceva equilibrio alla pressione dell' atmosfera cioè a 32 piedi d' acqua , ossia a 763 millimetri di mercurio. Se poi nel ramo AB ci metteva altri 763 m. di mercurio la colonna CD si restringeva per la metà , ossia il mercurio saliva fino in a . Se si aggiungevano altri 763..... l' aria contenuta in Ca si restringeva per la metà , ossia per la quarta parte di CD , il mercurio arrivava fino a $b \dots$ Dunque alle pressioni.

$0,763, 1^m, 526, 2^m. 289, 3^m, 052 \dots$

corrispondono gli abbassamenti , ossia le densità che acquista l' aria

$1, \quad \frac{1}{2}, \quad \frac{1}{4}, \quad \frac{1}{8} \dots$

Si chiama adesso a il peso dell'intera colonna ABCD.

b quello della colonna DCEF.

c quello di DCHG.

Egli è evidente da ciò che il peso del primo strato è $a-b$;

quello del secondo è $b-c$

quello del terzo $c-d$.

Intanto la densità de' corpi di volume eguale sono come i loro pesi: si avrà dunque $a : b = a-b : b-c$. Similmente si ha nel primo principio

$a : b = b : c$. Dunque si avrà

$a-b : b = b-c : c$, oppure

$a-b+b : b = b-c+c : c$;

$a : b = b : c$.

Similmente si dimostra che $b : c = c : d$, che $c : d = d : e$ Perciò si avrà la seguente progressione geometrica.

$a : b : c : d : e$

Cioè i pesi delle rispettive colonne sono in questa progressione. Ma secondo questi pesi stanno le densità degli strati $a, b, c, \dots$. Dunque è vero il principio stabilito di sopra. Questo principio ha presupposto però che l'atmosfera sia dell'istessa temperatura in tutte le altezze:

75. In virtù di questo principio si hanno altre serie di numeri una in progressione geometrica, ed è relativa alle densità, ed un'altra in progressione aritmetica ed è relativa alle altezze; cosicchè quest'ultimi numeri si possono considerare quali logaritmi de' numeri corrispondenti, e dinotanti le densità.

Se dunque si avesse un sistema di logaritmi costruito per questo oggetto, si potrebbe ottenere le altezze dei luoghi mediante i barometri. Per es.: il barometro sulla sommità del monte indica 53^{cent.}, 7203; ed un altro nel basso segna 73, 5581. Per determinare la richiesta altezza si trova il logaritmo di 73, 5581, che è 1, 8666305, e quindi quello di 53, 7203 che è 1, 7308500,

Nella colonna de' logaritmi si cercano i numeri delle tesse corrispondenti; e la differenza fra questi due numeri darà la distanza verticale fra le due stazioni, ossia darà l'altezza cercata.

Ma poichè i fisici si avvidero, che potevano fare a meno di costruire quel sistema de' logaritmi, poichè i logaritmi ordinarij potevano servire all' uopo, così essi desistettero da quella intrapresa, e cercarono conoscere come potevano far uso de' logaritmi ordinarij nella misura delle alterze.

Per giungere ad un tal uso essi conobbero di non aver altro di bisogno, che d'un fattore costante d'un tale valore, che 'l suo prodotto con questi logaritmi ordinarij delle nostre tavole dasse le surriferite misure conformi all' osservazione.

Ma da dove doveva desumersi tale fattore, detto altrimenti, *coefficiente costante* ?....

Laplace pensò dedurlo dal rapporto di densità che passa fra il mercurio, e l' aria, e Ramond che fu invitato da Laplace per un tale lavoro, trovò che alla temperatura zero, sotto la pressione barometrica 28^{re}, e sul 45.^{ma} parallelo della divisione nonagesimale, il coefficiente che se ne deduceva era eguale a 18336 metri. I sig. Biot, ed Arago rinnovarono le osservazioni, ed avendo determinato il rapporto fra la densità dell' aria, e quella del mercurio di essere cioè espresso dalla frazione $\frac{1}{10475,68}$ rinvennero che il coefficiente costante

che se ne ricavava era di 18332, cioè di quattro metri di meno di quello trovato da Ramond.

Trovato questo coefficiente ecco come i fisici l' adoperarono. Nell' esempio di sopra

il logaritmo di 73, 5581 era 1, 8666305 ;

quello di 53, 8084 era 1, 7308500 ;

La differenza è 0, 1257805.

Questa differenza si moltiplicava pel coefficiente costante ; e 'l prodotto indicava la distanza verticale fra le due stazioni.

Ma prima di ciò il coefficiente conveniva esser corretto, perchè la temperatura dell' atmosfera moltissimo contribuiva ad accrescerlo, o a diminuirlo. E così dopo questa correzione se il coefficiente 18332 metri... addiveniva 19184, il log. 0, 1257805 si moltiplicava per quest' ultimo ; e 'l prodotto era 2604 metri, 813 : indicante la suddetta distanza verticale. Per fare poi questa correzione, essi cercavano la *temperatura media* fra quel-

le de' *termometri liberi*, lo che si ottiene addizionandosi le di loro altezze termometriche, e dividendosi la somma per due. Se la temperatura media si trovava di $11.^{\circ} \frac{1}{4}$ della scala e 80. di divisione (che si chiamava *temperatura normale*), non era necessario di fare alcuna correzione. Ma se ciò non avveniva, bisognava aggiungere allora per ciascun grado al di sopra della normale temperatura $\frac{1}{100}$ della trovata altezza; e sottrarre la medesima quantità per ciascun grado al di sopra. Cosicchè chiamando x l'altezza che si cercava, a la più grande altezza barometrica corretta; per b . la minore, e t il numero de' gradi ne' quali la temperatura media differiva dalla normale, si aveva per questa misura la formola generale.

$$x = 18332 \left(1 \pm \frac{t}{250} \right) (\text{Log. } b - \text{Log. } a)$$

Conosco benissimo che questa formola non è che inesatta, e che il solo Laplace nella sua meccanica celeste ne ha presentata una, la sola degna di tutte le nostre osservazioni, e che si deve adoperare nella misura delle altezze. Ma bramando io di far conoscere a' giovani l'andamento tenuto per sì delicate ricerche senza approfondirmi d'avvantaggio, così mi sono contentato di esporre le cose più facili, e più adattate alla di loro capacità, e nel tempo stesso di presentare loro il genio che ha guidato i fisici in tali osservazioni (1).

(1) Ecco la formola di Laplace. Sia h l'altezza del barometro alla stazione più bassa, h' alla più alta, ma corretta per rapporto alla temperatura.

Sia T l'altezza del Term. libero alla stazione più calda: e t l'altezza alla stazione più fredda. Sia finalmente T' e t' le altezze corrispondenti de' term. barometrici. Tutte queste quantità ridotte a metri, ed a frazioni di metro, si avrà

$$x = 18332 \text{ metri} \left(1 + \frac{2(T+t')}{1000} \right) \text{Log.} \left(\frac{h}{h' (1 + \frac{T-t}{5412})} \right)$$

76. Questa formola di Laplace ha bisogno di due correzioni, una relativa alla gravità verticale, ed un'altra alla gravità che varia ne' diversi luoghi della terra. La prima correzione può trascurarsi, poichè un'altezza che ci ha dato $2604^m 813$ senza di questa correzione sarebbe $2603^m 137$ dietro di questa correzione come ha conosciuto Ramond; e la seconda egualmente, perchè non si avrebbe senza di essa che un errore da non apprezzarsi. Intanto Laplace ha presentato anche una formola ove tali correzioni hanno luogo, e delle quali nulla possiamo dire attesa la picciolezza dell'errore che si osterrebbe, e la difficoltà de' calcoli da doversi eseguire. Un'altezza per es. che si calcolasse senza di questa correzione sarebbe $2604^m 813$; colla correzione poi sarebbe $2605,813$, e per fare questa correzione si dovrebbe calcolare il coseno del doppio della latitudine del luogo ove si fa l'operazione, e moltiplicare (se questa si fa al di quà del medio parallelo) l'altezza trovata per i 2845 millionesimi del detto coseno, ed aggiungere questo prodotto alla suddetta altezza, o da questa sottrarlo se l'operazione si fa al di là del medio parallelo.

77. *Altre scoperte dovute al Barometro.* 1. Con questo istrumento si è potuto calcolare la gravità, ossia il peso totale dell'atmosfera che circonda la terra: poichè se la pressione atmosferica nel barometro si manifesta al punto $0^m 763$, dunque il peso totale dell'atmosfera sarebbe eguale ad uno strato di mercurio che invilupperebbe tutta la terra, e della doppiezza di $0^m 763$. Al calcolo fatto questo peso è di 86, 594, 456, 004, 795, 636 miriogrammi.

2. Si è conosciuta la pressione totale che l'atmosfera fa sopra di noi. Non vi sarebbe altro da conoscere, se non quanti piedi quadrati è la superficie d'un uomo d'una statura mediocre e moltiplicar questi piedi per $0^m 763$. Si stenta a credere come un uomo, o un animale possa sopportare peso sì enorme; ma chi conosce che ne' vassellini della nostra macchina, ne' polmoni, nel sangue esistono dei fluidi elastici, e che la reazione di questi fluidi è determinata dalla pressione atmosferica non si stupirà del fenomeno, nè metterà dubbio a questa pressione. Anzi è d'uopo ricordare che quando l'atmosfera, perchè carica di vapori, e disturbata dai

venti sciroccali, la sua pressione diminuisce, noi ci risentiamo d'un mal-esser generale tutto cagionato dalla diminuzione di elasticità, o di reazione avvenuta nei fluidi suddetti; e quando poi nell'atmosfera esistono condizioni opposte l'aria gravante accrescerà l'elaterio a questi fluidi, ed una certa energia di vita sogliamo sperimentare allora. Alla diminuzione dell'elaterio suddetto noi dobbiamo attribuire tutti i fenomeni, che un'uomo suole presentare quando troppo si eleva nell'atmosfera.

3. Coll'uso del barometro noi possiamo dimostrare la forza elastica de' gas, dell'aria, de' vapori, ed anche per contestare il vuoto prodotto dalla macchina pneumatica. Si mette il barometro colla sua parte più bassa in una campana, ove possono esserci gas, aria, vapori; egli è evidente che se il mercurio s'innalza nella parte più alta è per l'elasticità di queste sostanze. Il barometro in questo caso dicesi *manometro* ossia *misuratore della rarità*. (fig. 23).

Se questa campana piena d'aria si facesse a poco a poco scaricar d'aria, il mercurio scenderebbe, e vi sarebbe il massimo vuoto, quando il mercurio si metterebbe nelle due parti dell'istrumento a livello.

In questo caso il barometro si dice *provetta*.

4. Col barometro si è cercato ancora di determinare l'altezza dell'atmosfera; ma i diversi risultati avuti ci hanno persuasi dell'impossibilità d'ottenerla. Se essa fosse egualmente densa non ammonterebbe che a due leghe, ma decrescendo come è stato dimostrato nella densità, così de' fisici chi l'ha valutato di 16 leghe, e chi di 10. Ma se considerano, ha detto Ficher, alcune meteore che avvengono nell'atmosfera, come sono le aurore boreali, i globi di fuoco.... ec. bisogna ammettere un'altezza che vada al di là di 20. leghe.

Biot non avendola potuto determinare con un tal mezzo s'è rivolto alla refrazione che prova la luce solare nell'atmosfera, onde produrci i crepuscoli del mattino, e della sera. L'ha calcolata eguale a 30784 tese.

Dell' elasticità dell' aria.

78. L'aria quando è compressa cerca di rimettersi nel suo stato naturale, come ancora quando è dilatata. Questa proprietà dicesi *elasticità*, ed i fatti che ne risultano essendo numerosissimi, sarà pregio dell' opera quì rammentarli, coll' esporre le macchine che si sono costruite dietro il riflesso di questa proprietà, nonchè del peso riconosciuto nell' aria.

Tromba. La parola tromba quì non significa che un cilindro, o un tubo qualunque aperto in ambo l' estremità, una delle quali è tuffata nell' acqua; ed in questo cilindro vi gioca nno stantuffo.

La varia costruzione delle trombe le ha fatte classificare in più specie: poichè vi son delle trombe chiamate *aspiranti*, delle altre chiamate di *compressione*, non che delle altre chiamate *composte* riunendo nella di loro costruzione, e ne' di loro effetti ciocchè si ottiene colle due specie precedenti. Daremo un picciolissimo saggio di queste trombe, non che della macchina pneumatica, che ad una tromba aspiraute si rapporta, come vedremo.

Tromba Aspirante. Per la costruzione di queste trombe bisogna partire dal principio, che in esse l' acqua s' innalza fino a 32 piedi pel solo oggetto della pressione dell' aria; e perciò con queste trombe noi non vogliamo altro che innalzar l' acqua al di là di questa altezza. Considerate il cilindro AB minore di 32 piedi, e tuffato coll' estremità B nell' acqua. Essendo vuotato d' aria, l' acqua vi ascenderà in virtù della pressione esterna dell' aria; e quantunque la valvola S fosse chiusa, pure la pressione suddetta sarebbe capace di sollevarla. L' acqua dunque entrerebbe anche nel corpo della tromba DFE (*fig. 24*) fino all' altezza di 32 piedi. Ma facciamo che l' acqua si debba innalzare dippiù; allora lo stantuffo si cala al di sotto di 32 piedi, e fino d' appresso a GH; allora succederà che l' acqua la quale s' innalza fino a 32 piedi urterà la valvola I; ed accumulatasi di troppo la farà chiudere col suo proprio peso. Quest' acqua poi si potrà condurre fino all' altezza che si vuole, in dove potrà scaturire per l' orificio O. Ripetute calate ed ascensioni dello stantuffo faranno ottenere quella quantità d' acqua che si desidera, e fino all' altezza che si cerca.

Tromba di compressione. La *fig.* 25. rappresenta una di siffatte trombe. L'acqua che s'interna nella tromba GF premuta dallo stantuffo P, e non potendo più ritornare nel cilindro AB, perchè la valvola si è serrata, essa acqua si farà strada lungo il canale OD. In O v'ha una valvoletta che si apre nell'atto della compressione, e si chiude quando l'acqua è entrata nel cilindro grande DL. Molte di sì fatte calate, ed elevazioni dello stantuffo faranno ammassare nel cilindro DL tutta quella quantità d'acqua che si desidera; l'altezza poi a cui si vorrà far salire è indefinita.

Tromba composta. Nella sua costruzione sono impiegate le trombe antecedenti; nè è necessario qui descriverla. Anzi tutte le trombe adoperate negli usi della vita civile, e delle arti, o nell'estinguere gl'incendj, non sono che le trombe composte adoperate. Ecco qui una di queste trombe. (*fig.* 26.) (1)

Sifone. Il Tubo ABC (*fig.* 27) o il tubo ricurvo AB (*fig.* 28) è un sifone. L'uso e la teoria di questo strumento è notissimo. Solo vogliamo avvertire che il tubetto D del secondo sifone serve per succhiare l'aria dell'interno nell'atto che l'estremità A è nell'acqua, e l'altra B è stata otturata col dito. (*fig.* 28).

Macchina pneumatica. Quando fu concepita da Guericke Console di Magdeburgo nel 1654 consisteva in una rozza siringa.

Per concepirne la costruzione considerate (*fig.* 29) il globo B pieno d'aria.

Egli è evidente che se la vite D è aperta, allora l'aria in B si dilata fino a riempier lo spazio EFG della tromba. Concepimmo adesso che la vite si serri, e che lo stantuffo si abbassi, sarà evidente che l'aria contenuta in EFG farà alzare la valvola S, ed uscirà fuori. Ora se si rialza lo stantuffo, e la vite si apre, l'aria in B si dilaterà; la discesa dello stantuffo la caccierà fuori; e così di seguito.

(1) Il celebre meccanico inglese Braitwaite ha eseguito a Berlino, e per ordine del governo prussiano, una tromba a vapore contro gl'incendj; la quale lancia in un'ora fino all'altezza di 120 piedi una massa di 20,000 piedi cubici d'acqua. (Giorn. Napoli. 1833).

Dietro l'idea di questa semplice costruzione n'è venuta l'altra (*fig. 30*) e finalmente quell'altra che oggi si osserva in tutte le macchine pneumatiche. (*fig. bis 30.*)

In tutte le macchine pneumatiche si attacca la provetta onde conoscere il grado della rarefazione dell'aria, e sotto la campana, ossia il recipiente si mettono sostanze disseccanti affin di assorbire il vapore dell'acqua che si forma costantemente per la sua forza d'espansione, e riempie il vaso.

Questa precauzione è interessante quando si tratta di fare esperimenti delicati, e rigorosi.

Una macchina che si costruisce per l'oggetto inverso della pneumatica è quella che dicesi di *compressione*. Essa sarebbe per es. costruita nel modo della *fig. 31.*

79. Oltre delle surriferite macchine, possiamo citarne parecchie altre, e tutte egualmente comprovanti il peso, e la elasticità dell'aria.

1.° Gli emisferi di Magdeburgo, che si sono fatti combaciare fra loro, e quindi se ne è estratta l'aria, non possono disgiungersi nemmeno alla forza di 16 cavalli.

2.° L'archibuso pneumatico è somigliante al fucile di polvere; il tenere è vuoto, e comunica colla canna, non essendovi nell'intermezzo che una valvola. Questo tenere s'empie per quanto è possibile d'aria; nella canna si pone una palla; e facendosi scattare un grilletto serviente a deprimere quella valvola; l'aria si dilaterà con veemenza, e la palla giungerà a forare una tavola d'abete grossa più dita. L'effetto potrebbe riuscire più energico, se l'aria del tenere fosse riscaldata, poichè *a densità eguale*, ha conosciuto Cotte, *l'aria riscaldata ha una elasticità superiore a quella che l'ha un'aria fredda o più temperata.*

3.° La fontana detta di compressione consiste in una grossa palla metallica con un orificio alla parte superiore, per dove si fa entrare l'acqua fino a $\frac{2}{3}$ di questa palla.

A quest'orificio si pone un tubo che arriva fino ad una piccola distanza dal fondo della palla suddetta. Ora se l'aria in questa palla si preme, essa egualmente premerà sull'acqua senza penetrarla affatto; poichè è legge generale che i gas, e l'aria possono comprimere i liquidi, ma non internarsi nella di loro sostanza.

Dopocchè l'acqua è stata compressa si chiude la vite c. (fig. 32.).

L'acqua in virtù della pressione ascenderà nel tubo immerso AB. Ora se all'estremità A si pone un picciol cono col vertice in alto, l'acqua zampillerà in virtù dell'elasticità che spiega l'aria compressa nel vaso.

La fontana detta di Erone rappresentata dalla fig. 33. non è pure che una fontana di compressione. Il vaso A, e B comunicano med'ante il tubo GH. Mediante la pressione che l'acqua di A fa sull'acqua di B, l'aria in B si comprime, come pure l'aria contenuta in C, purchè queste due arie comunicano fra loro mediante il tubo EF. Quest'aria compressa premerà sull'acqua contenuta in C; quest'acqua salirà nel tubo IK, e zampillerà in K, come nella fontana di compressione. Si vede da ciò che se l'acqua in C potesse addivenir costantemente dell'istessa quantità, e non si diminuisse da tanto quanto l'elaterio dell'aria ne avrebbe bisogno per produrre lo zampillo, questa fontana non cesserebbe mai.

Noi non descriveremo altre macchine onde provare il peso, e l'elasticità dell'aria, e gli effetti che se ne sono potuto ottenere. Selo vogliamo ricordare che Boyle, e Gregori che cercarono di valutare la seconda di queste proprietà, videro ne' di loro calcoli, che un pollice cubico d'aria si può dilatare fino a poter occupare il volume 826,140 volte maggiore di quello che prima aveva al massimo grado di condensazione, e che un pollice cubico d'aria all'altezza di 500 leghe dalla superficie della terra potrebbe riempire una sfera eguale in diametro all'orbita di Saturno. Affin d'evitare ogni equivoco conviene riflettere che a Boyle si deve il primo calcolo, ed a Gregori il secondo.

80. *De' globi aereostatici.* Eccoci ad una di quelle grandi scoperte che lo studio della proprietà dell'aria ha presentato al genio dell'uomo, e che ha fissata epoca nella storia delle scienze. Io parlo di quei famosi globi, coi quali si sono percorse le sublimi vie dell'aere, regioni cui l'ignoranza e l'impotenza de' secoli passati aveva rese di dritto esclusivo alla folgore, ed alle nubi.

Mariotte ha parte a questa invenzione collo stabilimento del suo famoso principio, che la dilatabilità dell'aria è proporzionale al suo peso specifico; e'l pa-

dre Lana partendo dalla teoria de' corpi galleggianti sulla superficie delle acque, progettò il suo apparecchio con quattro vasti, e sottili globi di rame vuotati d'aria, e perciò moltissimo più dell'aria leggeri, ma l'inconveniente di un tale apparecchio era visibilissimo atteso la pressione dell'aria esterna a quei globi, i quali sarebbero stati sicuramente schiacciati, e quindi sarebbero piombati a terra.

Per evitare quest'inconveniente Gallieno li aveva semplicemente supposti pieni d'aria più leggiera dell'aria esterna; ma poichè questo grand'uomo non cercava che folleggiare fra i voli d'un estasi poetica, così egli li suppose vasti quanto una città, capaci a condurre eserciti, e provigioni necessarie per un lungo viaggio.

Esistevano queste idee puramente romanzesche quando Mongolfier oppose loro le sue osservazioni, e riflettendo sul fenomeno delle nubi, le quali sollevandosi superbe si sostengono dominatrici sulla nostra atmosfera, cercò derubare dalla natura la formazione di queste nubi. Le costruì difatti, e dentro d'un gran sacco formato di carta, ed informe da principio, coperto di pieghe, e come compresso dal suo proprio peso, le fece svelare tutte in forma d'un globo di circa 100 piedi di circonferenza, accompagnate, e seguite dallo stupor della gente raccolta a mirare questo portentoso, e naturalissimo spettacolo.

La ripetizione di questi giuochi aveva portata molta perfezione al soggetto, quando Charles pensò di sostituire all'aria rarefatta, cui Mongolfier, ed altri avevano rinserrata ne' globi aereostatici, il gas idrogeno, che nella sua purità è circa 13 volte più leggero dell'aria. Dovette perciò costruire il suo apparecchio con una specie di taffetà inverniciata con gomma elastica, la quale si scioglie nell'olio di terebinta prima di stenderla su quella roba. Ed affinchè i viaggiatori avessero potuto salire, e discendere a piacimento, essi si servivano della sabbia che gittavano via secondo le circostanze, e d'una valvola al di sopra del globo, la quale aprendosi si poteva fare scappar via una porzione del gas idrogeno ivi contenuta.

Fu dietro tali giudiziari preparativi che Charles, e Robert si trovarono arditi a solcare per più leghe le volte de' cieli; anzi il primo essendosi solo elevato fino a

contendere alle nubi quell' altezza che non mai loro era stata contrastata, si potè conchiudere che M. Charles fra gli uomini fu quello il primo che a nome di tutt' i fisici volè a prendere possesso delle aeree regioni.

In un secolo quale è il nostro, pieno di scoperte, e carico di glorie, i globi aereostatici dovettero assumere quella perfezione di cui erano capaci. L' infedeltà, e la costauza dell' elemento che dovevano però attraversare, loro ha tolta la direzione che sola manca al totale perfezionamento de' globi. Più volte si sono spiccati degli annunzi da varj punti della terra concernenti questa direzione; ma finora la cosa non è restata che nel semplice progetto ad onta de' lumi, e delle tante e ripetute riprese pel medesimo soggetto. Dovran forse passare altri secoli, ed attendersi altri genj capaci a dare l' ultima mano a tant' opera utile, e prodigiosa. Possiamo però essere sicuri, che se di questa scoperta da Mongolfier in qua non sono passati che 49 anni, e già i globi aereostatici si sono elevati fino a 8625 metri, come avvenne nel 1808 diretti da Brioschi, e non si sono potuto più alto elevare, perchè gli uomini al di là di quell' altezza sono sorpresi da asfissia, e dalla morte; se dunque, diceva, in sì breve tempo han potuto nascere, moltiplicarsi, ed anche competentemente perfezionarsi, non dobbiamo perciò assolutamente diffidare dell' epoca fortunata, in cui la direzione si darà a questi aerei navigli, e remigaremo i cieli con quella stessa facilità, e dissinvoltura che mostrano gli uccelli, allorchè rapidamente li percorrono.

81. Parlando de' globi aereostatici, che si elevano nell' atmosfera unicamente per la leggerezza che acquistano relativamente all' aria, uopo è ricordare altri corpi che vi si elevano unicamente perchè divisi in parti minutissime. Tali sono il fumo, la nebbia, la polvere. Il fumo è un carbone estremamente diviso, e cerca di penetrar in quell' aria che è più dilatata dal calore; è questa la ragione che facendosi del fuoco, il fumo prende ordinariamente la volta verso i camini soprasanti.

Abbiamo detto altre volte il motivo per cui le nebbie s' elevano nell' atmosfera a formarvi le nubi, e come queste nell' atmosfera si sostengono orgogliose. Null' altro ci resta da dire se non due parole sulla polverè che sempre esiste nell' atmosfera, come si può rilevarè chiara-

mente quando è percossa in una stanza da un raggio di luce solare. Questa polvere sarà forse la parte de' corpi che volatizza per la sua estrema sottigliezza, e che leggier vento è valevole a sollevarla, a sperderla, ed ammassarla a nubi, a precipitarla sulla terra. Frammisti a tanta materia possono esservi dei germi di varie sostanze vegetabili, ed animali; secondo opinano i naturalisti. Ma è sempre vero che sostanze d' infinite specie vanno a formare il masso totale di questa polvere, e che sono l' infinite combinazioni di tali sostanze le cause produttrici delle molte piante, e de' molti animalletti, che vediamo aver la natura spontaneamente prodotte.

Pesi specifici dell' aria, e de' gas.

81. Quando i fisici hanno cercato di determinare il peso assoluto dell' aria, si sono serviti di un globo di metallo, del quale se ne sapeva perfettamente il proprio peso. Quindi si vuotava perfettamente d' aria, e si pesava, finalmente si riempiva d' aria, e si toruava a pesare in cotal modo. Egli è evidente che la differenza di tali risultati indicava il peso assoluto dell' aria. Si arrivò in cotal modo a conoscere che un decimetro cubo d' aria pesa al grado zero un grammo, e 2636 diecimillesimi di grammo.

Per determinar poi di quest' aria il peso specifico, conveniva rapportarla ad un' egual volume d' acqua distillata; e se questo peso dell' acqua fosse stato designato coll' unità, una frazione avrebbe designato l' eguale volume dell' aria. Biot, ed Arago stabilirono che l' acqua stava all' aria come 1. sta al quarto proporzionale, 0,770.

Si avrebbe potuto tenere il medesimo metodo di qui sopra per determinare il peso assoluto di ciascun gas, non che il lor peso relativamente all' acqua; ma se per trovare il peso, ossia l' assoluto, non v' ha veramente per essi un altro metodo che l' uso della bilancia, per rinvenire il secondo ossia il relativo, si è creduto meglio considerare l' aria come termine di paragone, e rapportare al suo peso, fatto eguale all' unità, tutt' i pesi rispettivi dei gas.

Per un sì fatto oggetto, ecco come si è operato. Si è preso un globo di metallo, e si è rinvenuto il suo peso assoluto, e quindi il peso del gas in quistione. Facendo

tali pesi p , e p' ; e chiamando 1.° il peso specifico dell'aria, si stabiliva la proporzione

$$p : p' = 1 : \dots$$

Con tal impiego Biot, ed Arago ci hanno dato il peso specifico de' seguenti gas, alla temperatura zero.

Aria atmosferica	1
Gas acido carbonico	1,524
Gas ossigeno	1,1036
Gas azoto	0,976
Gas ammoniacale	0,596
Gas idrogeno	0,0688

Egli è vero che per la legittimità di tali misure grandi cause vi esistevano di errori. Gli stati barometrico, termometrico, ed igrometrico dell'aria, ed i vapori che potevano essere contenuti ne' gas che si pesavano, non che i diversi volumi che i vasi prendevano secondo la temperatura, erano tutte le cagioni di errori che i fisici dovevano, o eliminare, o correggere, o tenerne severamente conto. Il tutto si è fatto quanto si è potuto, senza per altro aver di gran cosa corretti tanti errori.

Noi abbiamo quì sopra dati i pesi specifici de' quattro gas semplici ossigeno, azoto, idrogeno, e carbonio; ora è d'uopo ricordare che volendosi i pesi specifici dei gas composti, non è necessario altro conoscere che i pesi specifici de' gas componenti, e le di loro proporzioni colle quali entrano alla formazione de' gas composti; non che i volumi stessi che pigliano dietro la combinazione de' semplici: Sono queste teorie spettanti al chimico anzicchè al fisico: onde è che non spenderemo più parole per un simile oggetto.

Dilatazione dell'aria e de' gas.

83. Il calorico, il quale abbiain veduto dilatare i solidi, ed i liquidi senza somministrare una legge generale, e costante di tali dilatazioni, deve dilatare ancora i gas, l'aria atmosferica, e tutt'altro che possa andar compreso sotto la denominazione generale di fluido elastico.

Intanto questa dilatazione, che i fluidi elastici in generale sono capaci di ottenere con aumento di calorico, presenta il grande risultato valevole a costruire una famosa legge nella teoria di questi fluidi, cioè che tutt'i

gas si dilatano assolutamente in un modo stesso, ed in eguale quantità a cambiamenti eguali di temperatura.

Noi per dimostrare questa legge, citeremo le pratiche tenute da Gay-Lussac, quando questo gran fisico cercava di determinare la dilatazione dell'aria, e de' gas fra i limiti del ghiaccio fondente, e l'acqua che bolle, limiti costanti ed immutabili come accennammo nella costruzione de' termometri.

Le pratiche di Gay-Lussac erano di due specie, siccome di due specie possono essere i gas relativamente all'acqua; cioè siccome de' gas alcuni sono insolubili nell'acqua, ed altri sono solubili, così le pratiche tenute per i primi erano ben diverse da quelle tenute, per i secondi.

Ecco le pratiche tenute relativamente ai primi.

Si prendeva un globo asciutissimo, e dentro di questo si poneva il gas di cui si cercava determinare la dilatazione. Questo globo si metteva nel calore dell'acqua bollente, ed allora il gas secondocchè si dilatava, così una parte usciva dal globo. Quindi questo globo riscaldato e con dentro una porzione del gas dilatato, si faceva raffreddare sino al grado del ghiaccio che si fonde: ed allora se in questo globo si fosse versato dell'acqua, non tutto avrebbe potuto riempirsi pel gas che vi esisteva dentro. Ora questo gas così ristretto era relativo al freddo del ghiaccio fondente, e questo stesso gas quando era tanto dilatato da spandersi per tutto il globo, era relativo al calore dell'acqua bollente.

Se dunque si paragona il primo spazio col secondo si ha la dilatazione che uno stesso gas può avere fra i limiti del ghiaccio, e dell'acqua che bolle.

Ma come si poteva fare il paragone fra questi due spazi? Gay-Lussac pesava il globo pieno d'acqua perfettamente; quindi il globo vuotato d'aria, e finalmente il globo col gas dentro elevato al calore dell'acqua bollente. La differenza di peso fra il globo vuoto, e l' primo pieno d'acqua rappresentava la capacità del globo, e la differenza di peso fra il globo vuoto, e l' globo pieno di un volume d'acqua quanto poteva entrarcene, stando dentro il gas ristretto alla temperatura zero, indicava la misura di questo volume, ossia la capacità del globo occupato dall'acqua.

Se dunque si paragona la capacità del globo con quest'altra porzione di capacità che resta, quando dalla tutta si toglie quella capacità che occupava l'acqua, si ha lo spazio che una data quantità di gas occupa al grado 100° , e lo spazio che la stessa quantità occupa al grado zero; si ha insomma il rapporto della dilatazione che il gas mostra dal grado zero al grado dell'acqua bollente.

Con tali pratiche Gay-Lussac ha conosciuto la verità della legge surriferita per rapporto all'aria, ed ai gas insolubili nell'acqua.

Vediamo ora come si assicurava della stessa legge per rapporto a' gas solubili nell'acqua. Gay-Lussac paragonava questi gas all'aria, e faceva in questo modo.

Prendeva due tubi esattamente graduati, ed immersi verticalmente in un bagno di mercurio. Questi tubi contenevano, uno l'aria atmosferica, e l'altro il gas da sperimentarsi, ma in modo che questi due fluidi si mettevano ad una stessa altezza ne' due tubi. Ora se questo apparecchio, questo bagno cioè di mercurio col di dentro di due tubi, veniva portato in una stufa, i due gas si elevavano esattamente eguali ne' tubi. Dunque conveniva conchiudere che anche i gas solubili provano l'egualianza delle dilatazioni. (1)

Questi esperimenti, e questi ritrovati di Gay-Lussac ci portano a stabilire e ad ammettere la famosa legge enunciata di sopra per tutt' i fluidi elastici in generale.

Dopo di aver esposti i metodi tenuti dal sullodato fisico, uopo è ricordare ciocchè egli ne vide. 1° . Che tutti questi fluidi dal grado 0° al grado 100° si dilatavano nel rapporto di 100, a 137, 5 » 2° . Che l'aumento di volume non era per conseguenza che di 37, 5 » 3° . Che se questo numero si fosse diviso per 100 si sarebbe ottenuta la frazione 0,00375, se si fosse conside-

(1) Ma indipendentemente da tante operazioni per stabilire la legge sudetta si può fare la seguente che è molto facile, ed andante. Sia AB un catino ripieno d' un liquido in cui s' immergono il termometro *ab* ed un tubo, ed esattamente ed egualmente graduati. A proporzione che il catino si riscalda, così si elevano il mercurio del termometro e l' gas contenuto nel tubo; l' andamento del gas si ravvisa per la goccia *m* di mercurio posto nel sudetto tubo onde rettenere il gas. Fig. 34.

rato il gas alla temperatura 0° , e l' suo volume in questo grado eguale all' unità. 4° . Che questa frazione $0,00375$ rappresenta la quantità della dilatazione che ha il gas in ciascun grado incominciando dal zero fino all' acqua bollente. 5° . E che finalmente un fluido aeriforme alla temperatura 0° e contenente un volume $= V$, alla temperatura v° , avrà un volume espresso dalla formola

$$V' = v (1 + 0,00375. x).$$

L' esposizione di questa gran legge c' induce a fare due osservazioni, delle quali la prima ci fa conchiudere, che tutt' i fluidi elastici in generale, aria, gas, vapori, miscele di gas, e vapori, si rassomigliano fra loro nella maniera colla quale ubbidiscono al calorico che su di essi spiega la propria azione, come se non fossero che un fluido solo preso in diversi stati di densità. E la seconda ci fa argomentare che l' uniformità di tanta legge proviene dalla quasi totale mancanza d' affinità fra le di loro molecole, quale affinità esistendo ne' corpi solidi, e liquidi, diversamente faceva equilibrio all' elasticità del calorico; ora essa mancando nei fluidi, la forza elastica del calorico trova le molecole de' fluidi tutte egualmente disposte ad ubbidirlo, e deve perciò stabilire un ordine uniforme nelle dilatazioni che accadono fra gli stessi limiti di temperatura.

Non parleremo quì della dilatazione de' gas per la di loro unione coi vapori, e di tutt' altro che potrebbe seguir questa dottrina, ove Saussurre, e Dalton hanno praticate le più grandi osservazioni, perchè non sarebbero questi de' punti nè così facili, nè così necessarij pei giovani ai quali abbiamo consacrate queste lezioni di fisica. Rimandiamo i lettori che desiderassero tali dotttrine alle opere di Biot, di Haüy, e di tauli altri egualmente rinomati.

Nota. L' esposizione delle teorie che dovevamo presentare in tutto il libro secondo è giustamente terminata; poichè abbiamo veduto tutto ciò che riguardava di particolare, ed i corpi solidi, ed i corpi liquidi, ed i corpi aeriformi. Uno di questi cioè l' aria oi ha molto trattenuto, e ciò che lo riguardava da vicino è di già stato soddisfatto; tanto più che anteriormente se ne erano dati parecchi lumi; allorchè specialmente si dovè parlare dell' evaporazione, e delle correnti aeree che i vapori, le bura-

sche, le azioni elettriche ec. erano capaci di suscitare nel gran masso dell'atmosfera.

Ma ciò non ostante l'aria presenta della resistenza a tutt' i corpi che in essa si muovono; è necessaria alla respirazione degli animali, e degli uomini; senza di essa non potrebbe esservi combustione, e nè tampoco suono: non sarebbe dunque giusto che una qualche cosa si dicesse di tutto questo?

Poichè son teorie queste che possono interessarci, nè sono sì difficili da rimettersi alle scienze proprie in cui dovrebbero trattarsi, è perciò che noi di tutto questo ne estenderemo alcune dottrine, almeno le più alla portata delle menti giovanili.

Resistenza dell' aria.

84. Che l'aria manifesta la sua resistenza a tutt' i corpi che in essa han moto, e che cadono sulla terra, è un fatto da non opporci verun dubbio; ma questa resistenza come si potrebbe calcolare, o conoscere? Per giungere a tale intento, bisogna incominciare dal riflettere. Che l'atmosfera quantunque fosse inegualmente densa secondo le altezze, pure siccome l'altezza massima dalla quale possiamo fare cadere i corpi, o fin dove i corpi possono in essa muoversi, è sommamente piccola relativamente alla sua totale altezza; così di quell'aria nella quale hanno luogo i surriferiti movimenti possiamo argomentare che sia egualmente densa, come lo sono i corpi liquidi in generale. Ciò posto quando un corpo cade dall'alto in basso, esso corre come i quadrati delle velocità; intanto l'esperienza ci dimostra che tale andamento non ha luogo in natura per la resistenza, ossia per la reazione che l'aria spiega su di quel corpo: ora egli è evidente a concludersi, che le reazioni dell'aria non debbon crescere che dell'istessa maniera, che le azioni del corpo cadente. Ma oltre di ciò possiamo dimostrare la verità della legge suddetta col seguente raziocinio. » Sia dato il corpo A dotato di due gradi di velocità, capace cioè a poter percorrere due piedi d'aria in un secondo, in questo caso il corpo comunicherà a due piedi d'aria una velocità eguale alla sua, perchè nel caso opposto non si potrebbe il corpo fare strada attraverso di quei due piedi d'aria. Ora i due

piedi d'aria moltiplicati per i due gradi della velocità formeranno la quantità di moto eguale a 4. e l'aria come 4. reagisce contro quel corpo.

Resta dunque conchiuso, che l'urto dell'aria sopra un corpo in riposo, o la resistenza dell'aria al movimento d'un corpo è sempre proporzionale al quadrato della velocità.

85. *Della combustione.* Il fenomeno della combustione è il più ordinario che vi sia cadendoci sempre sotto'occhi, e che tutto si riduce alla consumazione d'un corpo dandoci nel tempo stesso calore, e luce. I fisici antichi ad oggetto di spiegarlo avevano supposto ne'corpi che si potevano bruciare, ossia ne'corpi detti *combustibili* una sostanza chiamata flogisto, e che era quella stessa, la quale sviluppandosi nella combustione produceva la luce, e produceva il calore: la circostanza poi più favorevole ad un tale sviluppo, non era che esporre uno de'corpi combustibili all'azione d'un altro che si stava bruciando; poichè in quel caso le particelle del primo allontanandosi alquanto, quelle del flogisto scappavano a poco a poco, e sempre in ragion dell'allontanamento avvenuto fra quelle particelle; in modo che se quest'allontanamento era grande il flogisto a torrenti per dir così scappava dal proprio, e natural posto adducendo fiamma e calore; e se era picciolo, e si formava gradatamente il flogisto usciva a poco a poco dando calore solamente, e dava ancora la luce; quando l'allontanamento addivenuto massimo, poteva il flogisto uscire, e scappare con violenza; ed in grande quantità. L'aria non aveva parte a questo fenomeno se non per la resistenza che opponeva alla dispersione del flogisto, cosicchè lo riconcentrava, e lo poneva perciò nella circostanza di poter produrre il calore, e cagionare la luce.

Ecco a che tutto si riduceva questa teoria quando Lavoisier, osservando tutte le circostanze che accompagnano il fenomeno, osservando cioè che non v'ha combustione senz'aria: che i corpi che bruciano, aumentano di peso per l'ossigeno col quale essi si combinavano: che i corpi non potevano bruciare che al contatto dell'ossigeno; Lavoisier diceva portato da tali osservazioni, ebbe da considerare la combustione non più che una semplice combinazione de'corpi combustibili coll'ossigeno dell'aria.

Questa combinazione poi avveniva quando le particelle de' corpi combustibili slanciandosi alquanto fra loro per la temperatura elevata, acquistavano coll'ossigeno dell'aria circostante quell'affinità che andavano perdendo fra loro, e che quest'ossigeno il quale nell'aria era nello stato di fluido elastico, addiveniva solido nella combinazione, donde ne risultava poi lo sviluppo del calorico, e della luce. Avveniva in conseguenza che in tutte quell'arie ove ossigeno poco ve ne era, o che la combustione lo aveva consumato; in quell'arie combustione non v'era più, o si estingueva a poco a poco.

Questa dottrina cotanto dimostrata ed applaudita ha incontrato delle difficoltà insormontabili in alcune circostanze, in cui la combustione ha luogo senza ossigeno, e delle altre ove l'ossigeno anzicchè di solidificarsi addi- viene gassoso durante l'operazione. Fra i tanti fenomeni formanti eccezione alla teoria del dottissimo francese, possiamo citare solamente l'esperimento tanto famoso del chimico Lamery, noto sotto il titolo di *volcano artificiale*. Costui prendeva due parti eguali di fior di zolfo, e di limatura di rame, e riduceva un tale miscuglio ad una specie di pasticcio con un poco d'acqua, sebbene gli altri che hanuo rinnovato il fenomeno, e fra quali Herpin, abbiano preso tre parti di fior di zolfo, ed 8 di limatura di rame, e l tutto riposto in un piccolo matraccio di vetro situato al di sopra di una fiamma del formello a lampa. Ma comunque ciò si faccia avverrà sempre che la massa s' incomincerà a gonfiare, e nel suo fondo darà a vedere una scintilla che ingrandendosi progressivamente, tutta la massa s'infiammerà presentando una combustione brillante. Quindi si vedrà sortire un monticello simile in tutto ad un volcano, dalla cui bocca si vedranno elevare torrioui d'infiammanti vapori.

Questo fenomeno è specioso e per lo stupore che sveglia in coloro che l'osservano, e perchè riesce egualmente bene fuor del contatto dell'ossigeno, ed anche quando il miscuglio sopracitato fosse sott'acqua. Sebbene fra le tante ipotesi che si sono emesse onde spiegare questo fenomeno, vi fosse quella in cui chiama all'azione della combustione l'ossigeno e l'aria, e l'umido contenuto nelle sostanze, e nelle pareti del vetro, pure riflettendosi che per una sì vastissima accensione quell'aria e

quell'ossigeno non sarebbero state affatto sufficienti al fenomeno di Lamery ; così non si è dovuto ricorrere che alla combinazione chimica di quelle sostanze entranti a formar parte del miscuglio. « Si è detto dunque , che » quando il calore è applicato a questo miscuglio, il solfo » si fonde , e si combina con una grande quantità di calorico : ma quando il solfo s' unisce al rame egli ritorna allo stato solido , ed emette molto calorico. La luce contenuta nel metallo si combina nel tempo stesso col calorico , e tutti e due compariscono sotto la forma di fuoco. È al momento della combinazione che la massa diviene rossa in seguito dello sviluppamento subito del calore della luce delle due sostanze che formano il composto » (Herpin.)

Questo fatto che io diceva essere inesplicabile colla teoria di Lavoisier , non che parecchi altri riportati nelle opere de' moderni chimici non ci deve far riguardare dunque la combustione come dipendente da alcun principio particolare , o da alcuna forma di materia ; ma bensì come il risultato d' una forte azione chimica , secondo il celebre Brande , e rattaccare un tale fenomeno al potere elettrico de' corpi.

Del resto fino a tanto che la novella spiegazione non si è di gran fatto avanzata da poter tralasciare l' opinione di Lavoisier , a noi incumbe il dovere di sostenere tutt' ora quest' ultima , e non spiegare la combustione che coi termini di questo illustre chimico e fisico francese.

Finalmente la fiamma che accompagna la combustione è stata creduta quale sostanza esistente in combinazione con tutt' i corpi combustibili , e che si sviluppa nelle medesime circostanze che s' emette il calorico. Questa sostanza dal famoso Davy fu tenuta qual materia gassosa. Vero è che nelle fiamme ordinarie come in quella della cera , del solfo , dell' olio , essa è un carbone divisissimo.

86. *Della respirazione , e del calore animale.*

Lavoisier paragonò la respirazione ossia l' asseme di tutte le combinazioni chimiche che avvengono nei polmoni in sequela del contatto dell' aria colle particelle del sangue , alla combustione sopra rapportata , dicendo che dell' ossigeno dell' aria ispirata parte è destinata a for-

mar l'acido carbonico col carbonio del sangue, mentrecchè un'altra parte s'unisce all'idrogeno per formar dell'acqua, la quale esce da' polmoni unitamente ad altre sostanze gassose nell'atto dell'espiazione.

Quest'opinione in parte combattuta, ed in parte approvata, e sempre assoggettita alle discussioni chimiche le quali talvolta non sogliono finir mai, è stata alquanto ristabilita dalle ricerche ultimamente fatte su tale oggetto dai signori Dulong, e Despres. Ecco a che si riduce la teoria della respirazione in questi tempi.

In ogni ispirazione entrano ne' polmoni da circa 40 pollici cubici d'aria atmosferica: questa vi subisce la costante alterazione che 0,03 fino 0,06 del suo ossigeno dispariscono, venendo rimpiazzati da una eguale quantità d'acido carbonico formato da quell'ossigeno entrato in combinazione col carbonio del sangue. Si è potuto calcolare che in ogni 24 ore un uomo sano, e di media statura converte 750 decimetri cubi d'ossigeno in acido carbonico, cioè si è potuto calcolare che 395 grammi di carbonio sono stati convertiti dall'ossigeno in acido carbonico.

Quando questi 395 g. di carbonio si combinano coll'ossigeno, e mettono circa 2858 unità di calore capaci ad elevar 28 chiliogrammi d'acqua all'ebollizione. Questo calorico è sufficientissimo a render conto del *calore animale*; poichè la traspirazione cutanea la quale in 24 ore non eccede che 2 chiliogrammi ridotti a vapori, portando seco tanto calorico quanto è necessario elevar 12 chiliogrammi d'acqua alla temperatura 100; e la polmonale portandone tant'altro quanto bisogna onde elevar alla stessa temperatura 4 chiliogrammi e 0,664 d'acqua, vi sta molto altro calorico capace a riparare tutte le altre perdite, e che ammonta ad una quantità considerevole potendo elevar alla temperatura 100 dodici chiliogrammi d'acqua in circa.

I ritrovati di Dulong e Despres ci hanno indotti a tener per fermo che di questo calore animale almeno $\frac{9}{10}$ è tutto prodotto dall'ossigeno, ossia dalle combinazioni chimiche che questa fa sia col carbonio sia coll'idrogeno, e che l'altro $\frac{1}{10}$ vien prodotto dalle molte combinazioni

intime che possono avvenire in tutte le altre parti del corpo. Tutto il calore animale ascende costantemente a g. 37. 0,38 del termometro centigrado.

Intanto è qui da domandarsi perchè il polmone il quale è centro di tanta produzione di calorico non presenta una temperatura più elevata delle altre parti? Si risponde coll'osservazione di Haller che i polmoni in un giorno, ossia nello spazio di 24 ore sono attraversati da 7128 chiliogrammi di sangue; ora tutto quel calorico 2858 che si sviluppa nel medesimo tempo non può elevare detta massa di sangue che al terzo di grado circa; e questo piccolo eccesso di temperatura non farà che elevar successivamente il sangue venoso, che raffreddato ritorna ne' polmoni. Si concepisce poi facilmente perchè la temperatura è la stessa in tutte le parti del corpo, se si riflette che i nostri organi tutti vengono percorsi più di 30 volte dal sangue in un'ora, andando da' polmoni a queste parti, e da queste parti ritornando a' polmoni.

Tutte queste verità sono state riconfermate dalle ricerche del dottor Edwards, il quale ci ha potuto assicurare, che è impossibile di rinunciare all'idea di considerare il calore animale non più che un effetto della consumazione dell'ossigeno, non che de' movimenti respiratorj, e circolatorj. Anzi lo stesso autore ci ha avvertito che in una grande latitudine la facoltà che godono gli animali di produrre il calorico si trova variata dagli strati varj ne' quali può trovarsi il tessuto stesso dell'organo polmonale, e dalle disposizioni, o modificazioni prodotte dalle stagioni.

Tutto ciò che abbiamo detto per nulla ha riguardato la produzione di calore che può venire dalla digestione, e da altre vie; poichè questo calore è sì tenue da non alterare che pochissimo la temperatura.

87. Se noi abbiamo fissato come costante il calore animale, pure fa d'uopo avvertire che delle molte cause possono diminuirlo, e delle altre non poche possono accrescerlo. Quelle della prima specie si possono ridurre alle seguenti; cioè 1.° Alla trasmissione del suo calorico quando è a contatto con altri corpi o di minor temperatura, o di maggiore conducibilità. 2.° Alla traspirazione cutanea, e polmonale. 3.° Al riscaldamento dell'aria, che s'ispira, nelle cavità de' polmoni. 4.° Infine al radiamen-

to, ossia all' emissione del calore da per tutte le parti. Quelle della seconda specie possono tutte ridursi all' aumento della temperatura esterna; e si è osservato che l' uomo può tollerare quella di 100 g.

88. *Del suono.* Non posso meglio trattare dell' aria per rapporto al suono, quanto estendere di questo un completo trattato. Su di tale consiglio vado dunque ad intraprendere una di quelle teorie, nelle quali l' arte mettendo in azione la natura col mezzo dell' esperienze, ci ha presentate non poche osservazioni, le quali in seguito avvalorate dal calcolo, e dalle osservazioni hanno indicata agli occhi, ed allo spirito la verità che le distingue.

TEORIA DEL SUONO, OSSIA SCIENZA DELL' ACUSTICA.

Nozioni generali.

Non v' ha corpo in natura che urtato, o compresso, o percosso non dia fuori un qualche rumore determinato sempre dalla natura, e dalla forma, e finanche dalla posizione stessa in cui possiamo considerare quel corpo. Ma fra tutti questi rumori noi caleoleremo solamente quelli che possono essere cagionati da' corpi veramente elastici, da' fluidi aeriformi, e da tutte le altre sostanze dotate di elasticità. Questi chiameremo *suoni*.

La prima cosa che noi abbiamo potuto rilevare da questi suoni, paragonandoli al corpo che li ha prodotti, è stata che la di loro intensità, o per meglio dire la di loro chiarezza è proporzionale alla sua elasticità; cosicchè s' è potuto stabilire, che la sonorità, e la elasticità si rapportano fra loro, e marciano pari passo in qualsivoglia corpo capace de' suotriferiti effetti. Abbiamo dippiù veduto che i corpi elastici urtati o percossi vengono determinati a concepir delle vibrazioni; e l' aria che è dessa stessa un corpo sonoro, come ce l' attestano i fischi dei venti impetuosi, e tante altre esperienze, ne deve concepire del pari, sì quando è immediatamente percossa come da un colpo di scudiscio, sì quando è a contatto d' un corpo elastico che è tutt' ora vibrante. Ora si deve il suono del corpo alle vibrazioni che produce; e la sua sensazione a noi non perviene che in virtù delle vibrazioni dell' aria che intercede fra il corpo sonoro, e l' orecchio, e

quindi tutte quelle circostanze che possono influire sulla celerità, o sul ritardamento di queste vibrazioni, influir debbono certamente sulla intensità, o sulla diminuzione del suono.

Non possiamo passar oltre nella teoria del suono, se non facciamo intendere come possono addivenire le vibrazioni ne' corpi sonori, e quelle dell'aria circostante. Le prime non si possono meglio rilevare che in un cerchio come sarebbe ABCD (*fig. 34.*) e che è dalle quattro palline A e C, B e D accompagnato. Se la pallina A urta il campanello nella parte A, allora si vedrà che B è urtato nel di dentro; e D, C saranno sbalzate alquanto dal punto del di loro contatto; il campanello avrà preso dunque la forma ellittica; il ritorno che faranno le parti al proprio luogo ne determineranno un'altra che farà un angolo retto colla prima, e così succedendosi tali forme, si andranno avvicinando a poco a poco alla forma circolare, ed allora esse svaniranno.

Questo che abbiamo detto relativamente al cerchio ABCD si avvera in ogni campana che sta sonando; vero è però che i cerchi che ne formano la base oscillano più lentamente di quello che oscillano i cerchi più prossimi alla cima, e che questi viceversa oscillano molto più veloci de' primi. Ma in questi due estremi havvi una compensazione, cosicchè si rapportano ad un'eguale durata sì le vibrazioni celeri, che le tarde.

Per concepir poi come avvengano le vibrazioni nell'aria, dobbiamo condurci col pensiero all'urto che il corpo elastico può comunicare all'aria circostante. Supponiamo che avvenga l'esplosione d'un arma da fuoco, egli è evidente che al momento dell'espansione della polvere l'atmosfera verrà rinculata da per tutte le parti, e questa pressione esercitata su di un fluido elastico qual è l'aria, comprimerà subito le parti più vicine, e quelle delle altre fino ad una distanza indefinita nella massa dell'aria. Ma immediatamente dopo questo movimento di espansione l'atmosfera rientra nello spazio, da dove l'aveva discacciata la forza espansiva della polvere, e così gli strati d'aria compressi si dilateranno; ma prima di giungere al di loro stato naturale, esse subiranno altre oscillazioni. Questi movimenti che si concepiscono nell'aria, simili a quelli che si osservano nella superficie dei

liquidi quando una pietra si fa in essa cadere, sono stati chiamati ancora ondulazioni dell'aria.

Su di queste ondulazioni però fa d'uopo avanzare più osservazioni interessanti. 1.^o Esse non mostrano quasi ch'è un movimento progressivo dal corpo urtante, cioè dal centro donde emana il suono fino all'orecchio, o a quella parte dello spazio ove il suono svanisce. 2.^o Tutti gli strati d'aria, ove avvengono le ondulazioni sono concentrici fra loro; e si vede bene che secondochè dessi si allontanano dal centro addivengono maggiori, e le ondulazioni che in essi debbono avvenire si vanno diminuendo in ragione della lunghezza che acquistano, fino a tanto che indebolite al sommo non possono produrre più suono. 3.^o La rapidità delle vibrazioni è facile concepire che sia nella ragione inversa della loro distanza dal centro.

89. Se abbiamo fin quì considerata l'aria come necessaria onde sentire il suono, possiamo di ciò sempre più assicurarcene col fare dondolare un campanello dentro una macchina pneumatica vuotata d'aria. Noi non sentiremmo affatto del suono; anzi se come ha fatto Hauksbée, noi mettiamo il campanello dentro d'una campana, e copriamo questa campana con un'altra, molto più grande, e quindi fossero così disposte le cose da poter formare il vuoto fra l'una, e l'altra, avverrebbe che quantunque il suono si dovesse formare nella prima campana, pure a noi non avrebbe potuto pervenire, mancando l'aria quale veicolo necessario alla sua trasmissione.

E giacchè siamo alla macchina pneumatica, uopo è ricordare, che se in quella campana ove non si sentiva suono perchè vuotata d'aria, si faccia a poco a poco penetrare questo fluido, il suono s'incomincerà a sentire anche a poco a poco fino a che la campana ben ripiena d'aria, il suono sarà ottimamente distinto. Il suono aumenterà pure d'intensità se l'aria venga condensata, o riscaldata, perchè la sua elasticità accrescendo, le sue vibrazioni addiverranno più celeri, e perciò il suono più intenso. Ciò dimostra perchè in luoghi bassi e ristretti i suoni sogliono sentirsi sempre più veementi di quello che possono ascoltarsi sulle vette delle montagne. Saussurre ci ha riferito che sul Monte Bianco un colpo di pistola faceva un ru-

more simile a quello d' un semplice fuoco d' artificio in una stanza. (1)

Non è la sol' aria quella che può trasmetterci il suono: i gas, i vapori, i liquidi godono di questa proprietà; in una campana vuotata d' aria, ove si fanno introdurre o gas, o vapori, il suono vien formato, e si ascolta del pari che coll' aria.

Per i liquidi poi siamo stati assicurati da' palombari i quali attestano, che quando calano sotto le onde del mare, essi sentono i rumori graudi avvenuti fuori delle acque; anzi dippiù i pesci d' una peschiera sono stati talvolta abituati a comparir sull' acqua al suono d' un campanello. Franklin ci ha detto d' aver inteso il suono fino a mezzo miglio sott' acqua. Si era sospettato che non erano le particelle de' liquidi quelle che propriamente concorrevano ad una tale trasmissione, ma bensì era l' aria contenuta fra esse quella che concorreva al fenomeno. L' abate Nollet s' ha voluto assicurare della verità che i liquidi possono trasmettere questo suono, col far uscire da una massa d' acqua tutta l' aria in essa contenuta; egli ha veduto che anche quest' acqua trasmetter poteva le ondulazioni sonore.

Crescerà moltissimo il nostro stupore se finalmente diciamo che anche i corpi solidi, e quelli propriamente ove la struttura è tale che il moto di vibrazione impresso a qualcuna delle sue molecole possa comunicarsi a traverso della sua massa, sono tutti capaci di trasmettere il suono. Si può sentire, stando coll' orecchio all' estremità d' una lunga pertica, la percossa leggierrissima, che nell' altra estremità può fare la testa d' una spilla, percossa che neppure si potrebbe sentire attraverso della grossezza della pertica.

Se si applicano all' orecchio l' estremità d' un nastro di seta, il quale mantiene sospesa una molletta d' acciaio, e quindi questo metallo è percosso, si sentirà un rumore sì grande da riconoscerlo sproporzionatissimo all' istrumento che l' ha prodotto. L' acunec ha potuto sentire i rumori che avvengono nel petto con un tubo cilindrico di

(1) Questi fatti ci possono far dire che l' intensità del suono, trasmesso ad una distanza data, può essere in ragion diretta della densità del fluido elastico.

legno, da lui chiamato *Stetoscopio*, di cui una estremità era sul petto, e l'altra situata nella regione dell'orecchio dell'osservatore. Hassenfratz essendo sceso in un sotterraneo di Parigi, commise a qualcuno di colpire con un martello una delle pietre che formano il muro d'uno de' corridori che sono nel mezzo di questi sotterranei: allontanandosi alquanto dal punto della percossa, e tenendo applicato l'orecchio a quel muro, egli distinse due suoni: uno trasmessogli dal muro suddetto, e l'altro dall'aria. Biot finalmente ha verificato lo stesso costruendo cannelli di acquidotto a ferro fuso: ascoltava due suoni, uno trasmessogli dal ferro, e l'altro dall'aria in esso contenuta, quantunque tali cannelli fossero stati più lunghi di 300 metri. Noi ritorneremo sopra di questi fatti, quando parleremo della velocità del suono trasmesso.

go. Se abbiamo detto che noi sentivamo il suono d'un corpo mediante le onde sonore o dell'aria, o dei corpi, ma della prima specialmente: e se inoltre abbiain soggiunto che queste onde nello spazio libero, ed illimitato si vanno infievolendo fino a sparire del tutto, ed a non produrre più suono, dobbiamo qui soggiungere che quando quest'onde sonore dell'aria si ritrovano in spazi determinati come in tubi cilindrici, esse presenteranno la proprietà opposta, ossia s'andranno via facendo, accrescendosi di celerità, ed a cagionare del suono sempre più intenso.

Biot parlando a voce bassa da una estremità del famoso condotto lungo più di 950 metri manteneva conversazione con un'altra persona situata all'altra estremità; questo condotto non era stato fatto che per la distribuzione delle acque di Ourcy negli acquidotti di Parigi. Ma in Inghilterra si sogliono costruire apposta simili condotti cilindrici nelle case; essi sono di circa un pollice di diametro; sieguono le anfrattuosità degli appartamenti, e si parla con essi da una estremità all'altra della casa, che deve supporre ben vasta. Ora la causa di questa singolarità non nasce se non da ciò, che gli strati d'aria racchiusi nel condotto, essendo sempre quasi dell'istessa dimensione, il suono vi viene trasmesso con progressiva intensità per la ragione, che questi strati condensandosi, sviluppano una porzione del calorico latente, e rarefacendosi assorbono una quantità del calorico sensibile;

lo che produce un accrescimento nell'elasticità dell'aria, e perciò se i primi strati mostrano un picciol numero di vibrazioni, gli ultimi ne mostreranno un gran numero. Questa riflessione è dovuta al signor Laplace, e Biot coll'ajuto de' suoi calcoli ha cercato conoscere quale debba essere la piccola porzione di calorico divenuta sensibile in ciascuna condensazione, e l'aumento di elasticità che ne viene in conseguenza.

Su di questa teoria sono state costruite non poche macchinette o per trasmettere la propria voce in luoghi lontani, come sarebbe il *portavoce* de' marinai, o per sentire i suoni che si emettono, quando una malattia ha indebolito il nervo acustico, come è il *cornò* detto *acustico* usato da non pochi. Pel medesimo principio s'hau potuto costruire alcune lamie capaci a condensare in una estremità quel suono sebben picciolissimo emesso dall'altra estremità opposta.

91. Riguardo a ciocchè spetta al suono in generale, null'altro evvi da dire se non poche parole relative alla velocità del suono, allorchè viene trasmesso o dall'aria, o dai corpi capaci di condurlo. Varj erano i risultati che da' Fisici si davano onde determinare questa celerità; ma gli Accademici di Parigi nel 1738 situati su due monti Mouthlèry e Montmartre distanti fra loro di 14636 tese, conchiusero che in ogni minuto secondo il suono percorreva 337 metri, ossia 173 tese. Per giungere a questo risultato, e determinare questo tempo essi erano partiti dal principio che la luce marcia con una celerità sì immensa, che impiega un secondo per percorrere 67,000 leghe, ed egli è ben facile conchiudere che per giungere da Mouthlèry a Montmartre non impiega quasi verun tempo calcolabile. Posto ciò, se si fosse fatto scoppiare un'arma da fuoco da un monte, si sarebbe veduto immediatamente la luce nell'altro; e se si fosse contato da questa veduta il tempo necessario per giungere ad essi il rumore, essi avrebbero numerato 96 secondi e mezzo. Il calcolo aveva dato a Lagrange, che in ogni minuto secondo si percorrono dal suono 282 metri, perchè Lagrange non aveva considerata la quantità del calorico che si sviluppa nelle vibrazioni degli strati aerei. Clement, e

Desormes aggiunsero al risultato di Lagrange quel $\frac{1}{115}$

circa di volume, che ogni elevazione o abbassamento di temperatura dava agli strati aerei per ogni grado; essi ottennero dietro questa correzione fino a 331 metri e 97 centesimi. Nei calcoli di Gay-Lussac, e Welter si può dire che ogni errore sia svanito; e si è potuto asseverantemente conchiudere che 337 metri percorre il suono in un secondo.

Qui si è inteso parlare d'ogni suono, sia grave sia acuto, sia grande sia piccolo, sia nell'aria libera, che nell'atmosfera ristretta ne' tubi. Derham ⁴e Biot ultimamente si sono assicurati che percorrono colla stessa celerità tanto lo sparo di un cannone, che il colpo di un martello; e questo scienziato insigne ha rilevato nel tubo da noi sopra accennato, e lungo più di 950^m che il suono ne percorreva due volte la lunghezza di 1902 metri in 5 secondi e 58 centesimi, cioè a dire, percorreva colla celerità che in ogni secondo si facevano 346 metri. Questa differenza sì tenue da' Fisici non è stata apprezzata, poiché è probabile che avesse potuto nascere da una temperatura superiore a quella che vi era quando gli accademici erano sopra quei monti.

Ma noi abbiamo detto che l' suono non si trasmette solamente dall'aria, ma bensì da altri corpi, e forse da tutti indistintamente. Ora i fisici i quali hanno sì bene determinata la celerità del suono per mezzo dell'aria, avrebbero ancora voluto determinare precisamente quella che avviene attraverso de' corpi. I di loro impegni però sono restati senza verun effetto, poichè questi corpi essendo di diversa natura, la trasmissione era differente per ogauno. Intanto i di loro studj, e le di loro premure ci hanno portato alle seguenti conseguenze: 1.^o La trasmissione del suono per mezzo de' corpi è sempre più rapida di quella che avviene nell'aria. Hassenfratz che faceva le sue osservazioni in uno de' sotterranei di Parigi, aveva riflettuto che il suono trasmessogli pel muro giungeva sebben più debole, molto tempo prima di quello trasmessogli per l'aria quantunque più forte. Simili effetti osservati in corpi di diversa natura fecero conchiudere dal sullodato fisico che non solo la trasmissione del suono per mezzo de' corpi solidi era più rapida, ma che essa accadeva in un tempo infinitesimo ad una distanza di 210 passi. Il celebre Biot avendo fatto le sue esperienze dirette sopra i tubi di ferro fuso, osservò che la velocità del suono trasmessogli pel

ferro era di 3538 metri per secondi, quandocchè per l'aria non era che di 337 metri. 2.^o La trasmissione suddetta attraverso de' corpi è varia secondo la natura varia di questi. Prendendo come unità la trasmissione che avviene nell'aria, la velocità della trasmissione attraverso lo stagno sarebbe più della prima; quella dell'argento 9, quello del rame 12, quella del ferro 17, quella dei differenti legni tra 11, e 17. 3.^o Possiamo fare trasmettere attraverso d'un corpo molti suoni contemporaneamente ed in diversi sensi, senzachè essi venissero a confondersi o a distruggersi. È questo un fenomeno simile a quello che accade nell'aria, quando essendovi molti suoni differenti, e perciò moltissime vibrazioni nell'aria, i suoni nè si confondono, nè si perdono, ma che anzi tutti ci pervengono distintamente all'orecchio. Mairan per spiegare questo fenomeno aveva ammesso più specie di particelle aeree, e ciascuna destinata per ciascun suono. Altri hanno voluto riconoscere nell'aria un fluido particolare unicamente adattato per questo oggetto. Ma tali supposizioni non hanno aggiunta verun'ombra di luce alla cosa; ond'è che a noi resta tutt'ora la meraviglia in vedere che un elemento sì leggero, e variabile qual è l'aria possa fare da messaggero fedele ed esatto di tutt'i suoni fino alle minime particolarità, che li distinguono.

93. *De' suoni riflessi.*

Quante volte le onde sonore s'imbattono in un ostacolo lungi alquanto dal di loro centro, e facendo l'angolo d'incidenza eguale a quello di riflessione, esse ne sono respinte, il moto delle onde sarà regressivo, e ne avverranno gli *echi*, o semplicemente una risonanza, o un rimbombo secondo la distanza; cioè potranno accadere degli echi quando il suono, o la voce che parla è al di là di 16^m 9 lontano dalla superficie riflettente, perchè in questo caso avviene che una parola, o un suono che si emette, si sente coll'eco dopo $\frac{1}{10}$ di secondo, e già tutti sappiamo che è impossibile di distinguere dei suoni se dall'uno all'altro non passa questo tempo. Tutte le volte poi che v'ha una distanza al di sotto della suddetta, allora i suoni diretti, e riflessi si confonderanno in parte, o in tutto; echi non ve ne saranno, e solamente avrà luogo un rimbombo. Ciò succede

nelle nostre stanze, e succederà sempre meglio il fenomeno se le stanze sono a volta, e l'elasticità delle di loro pareti è maggiore.

Ci possono dare gli echi i boschi, i scogli, le superficie degli stagni, quella anche d'una nube; e parecchi edificj sono stati talmente costruiti per questo riflesso, che l'arte ha superata la natura in questo articolo. Chiunque è conoscitore delle proprietà dell'ellissi saprà indagare la ragione perchè un uomo che parla a voce bassa, in uno de' fuochi di quella curva, è distintamente inteso da un altro che sta nell'altro fuoco; quandocchè ogni altra persona piazzata in altro luogo, o non sentirà affatto, o molto poco. Si può quì riflettere che dare alle sale ove si debbono sonare istrumenti, ascoltare oratori, o commedie, la forma ellittica è commettere un nocerosissimo errore. La forma più propria che si possa dare alle sale di simil natura è certamente la parabolica secondocchè ha comprovata la teoria, e l'esperienza; ed è in queste sale che i suoni si ascoltano egualmente in tutte le parti » M. Chladni propose di dare ad una sala destinata per de' concerti la forma d'un cono, o d'una piramide: L'orchestra doveva piazzarsi nella parte superiore; Chladni rese con ciò i suoni egualmente distinti in tutte le parti di questa sala.

Secondo i luoghi in cui avvengono gli echi si è fatta la classificazione di questi, dicendosi *echi monosillabi*, e *polisillabi*, ed *echi multipli* (1). I primi avvengono quando il suono è distante dalla superficie riflettente di 16 metri; avvengono i secondi ad una distanza doppia, tripla, quadrupla ec. cosicchè si sentiranno echeggiare solamente o le due ultime sillabe, o le tre ultime, o le quattro, ... e così discorrendo. A Woodstock nell'Inghilterra evvi un eco che ripete le ultime 17 sillabe in tempo di giorno, e le ultime 20 in tempo di notte; e forse questo divario può nascere da ciò, che la notte essendo più fredda, l'aria è perciò meno elastica, la velocità del suono sarà meno grande. Gli echi multipli finalmente sono quelli che ripetono il suono più volte; tal'è

(1) Gli echi monosillabi sono quelli che danno soltanto l'ultima sillaba della parola proferta dall'osservatore; gli altri poi son tutti quelli che ne danno due, tre, quattro....

quello che ha luogo nel forte di Simonetta in Italia, e che si ripete fino a 40 volte: quello che è stato notato avvenire a Genétay presso Rouen, dove la voce è ripetuta più volte è di differente maniera; cioè che il suono echeggia con fracasso per alcune volte, con un riso beffardo per altre volte, e tali altre volte echeggia con un tuono lamentevole, e piangente. Biot ha osservato nel condotto di 951 metri un eco considerevole; il suono è ripetuto sei volte coll'intervallo di mezzo minuto dall'uno all'altro, l'ultimo solamente si fa sentire dopo 3 secondi.

La spiegazione per tali specie di fenomeni, egli è impossibile di dettagliare completamente, perchè in essi debbon aver luogo certamente moltissime circostanze locali. Ma tali circostanze ci sono ignote, nè coloro che da vicino hanno inteso questo fenomeno sono giunti a rilevarle, ed a vedere come lo abbiano potuto produrre. Siamo dunque per questa specie di echi nell'ignoranza se non assoluta, ma almeno in un incertezza, e titubanza estrema che non ci permette di nulla asserire di particolare a tale proposito:

94. *Corde vibranti « suoni comparati.*

Dopo di aver considerato il suono ne' più generali effetti, come sono il moto di vibrazioni del corpo da cui nasce, o dell'aria che lo propaga, la velocità con cui passa a traverso di quest'aria, e de' corpi; e la sua riproduzione quando incontra corpi capaci di rifletterlo; dobbiamo venire a ragguagli più dettagliati sopra i suoni, osservare cioè alcuni rapporti fra loro dietro il paragone che possiam fare delle vibrazioni ad essi relative.

Per venire a tali intenti si sono istituite dell'esperienze sulle corde sonore, e dal numero delle vibrazioni di esse corde è venuta la differenza fisica e reale fra un suono grave, ed un suono acuto. Per cominciare con ordine l'esposizione di ciocchè dovrà dirsi, rifletteremo alle seguenti proprietà che l'osservazione e'l calcolo hanno fatto rilevare nelle corde sonore. Affin di pervenirci si è fatto uso di un monocordo; o *sonometro*, sul quale si mettono una o due corde di diversa lunghezza, di diverso diametro, e con una tensione determinata dal peso che si adatta ad una estremità, stando l'altra fissa nella cassa del monocordo. Disposte così le cose si pizzica una di esse; si vedrà:

1.° Il numero delle vibrazioni è in ragione inversa della lunghezza della corda.

2.° Il numero medesimo è anche nella ragione inversa del diametro di essa corda.

3.° Finalmente è lo stesso numero nella diretta della radice quadra della tensione, ossia del peso che stende la corda. Poichè una corda tesa e vibrata oscilla in modo che può paragonarsi ad un pendolo; dunque se il tempo delle vibrazioni di un pendolo è nella ragione inversa della gravità del pendolo (24), e per conseguenza il numero delle vibrazioni nella diretta della stessa gravità; e se il peso che tira la corda equivale alla gravità che opera sul pendolo; dunque si può conchiudere che anche il numero delle vibrazioni d'una corda sia nella ragion diretta della ragion quadrata del peso.

Queste tre proprietà riunite ci conducono alla formula ritrovata da Taylor col calcolo, e confermata in se-

guito dall'osservazione $T = \frac{VP}{LD}$.

Se per un'altra corda si avesse $t = \frac{VP}{ld}$; si avrebbe

$$T : t = \frac{VP}{LD} : \frac{VP}{ld}$$

E facendo le quantità relative a questa seconda corda tutte eguali all'unità, si avrà $T = \frac{LD}{VP}$.

95. Se noi abbiamo detto che al numero delle vibrazioni corrisponde il suono, o grave, o acuto; egli è da osservarsi con Sauveur, che una corda può essere capace di fare in un secondo più di 6400 vibrazioni, e che a questo numero ed a questa velocità di vibrazioni corrisponde il suono più acuto; mentre che il più basso corrisponde a $12\frac{1}{2}$ vibrazioni per secondo. E se ora divi-

diamo 6400 per $12\frac{1}{2}$ noi abbiamo per quoto 512 numero che rappresenta quanti suoni possono esserci d'intermedj tra il più basso, ed il più acuto. Vero è che il nostro

orecchio non è capace di sentire suoni cotanto bassi da corrispondere a $12 \frac{1}{2}$, nè v' ha istrumento, o voce umana che può emettere un suono cotanto acuto da corrispondere in un secondo al n.° 6400 di vibrazioni. Ond' è che s' incominciano a sentire i suoni quando corrispondono a 32 vibrazioni, e finiscono ne' più acuti fino ad otto o nove *ottave*, ciascuna delle quali in se comprende sette note.

Fra questi suoni vi sono alcuni che emessi contemporaneamente formano un accordo piacevole. Ciò nasce da un rapporto che v' è tra il numero delle vibrazioni relative ad un suono, e fra quello relativo al secondo. Così il suono *do* che rappresenta 32 vibrazioni è in accordo coll' *ottavo do* che corrisponde a 64 vibrazioni, è in accordo colla doppia *ottava*, colla *terza*, colla *quarta*..... colla *decima ottava* appunto per quel rapporto che v' ha fra le surriferite vibrazioni. Ma oltre di questo rapporto ve ne sono parecchi altri capaci a dare anche dell' accordo più o meno perfetto, come vedremo.

Tutti quei suoni, le di cui velocità si trovano combinate secondo questi rapporti costituiscono la *scala musicale* detta *diatonica* per distinguerla da altre due scale poco in uso in Europa.

Questa scala è composta de' tuoni.

Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si, do.

Siccome io ho detto che al numero delle vibrazioni corrispondono questi suoni, così, per scrivere numericamente questi suoni dobbiamo conoscere i rapporti delle vibrazioni uno relativo al primo suono, e l' altro relativo a quello che immediatamente segue. Supponiamo dunque che una corda tesa, la quale emette un suono, e che il numero delle vibrazioni qualunque sia in un dato tempo, come in un secondo, venga rappresentato dall'unità, allora se chiamiamo *do* questo suono, questo suono numericamente si scriverà 1. E se si suddivide successivamente questa lunghezza in modo che se prima per dar *do* dava 8 vibrazioni, ma poi accortata ne dà 9 nel medesimo tempo, si avrà il suono *re* espresso dalla frazione $\frac{9}{8}$. Così si potrà ottenere *mi*, *fa*, *sol*. . . cc.

In somma tutti i sopradetti suoni verranno indicati così :

$$1, \frac{9}{8}, \frac{5}{4}, \frac{4}{3}, \frac{3}{2}, \frac{5}{3}, \frac{15}{8}, 2.$$

Se adesso esaminiamo questi numeri relativi a varj suoni , scopriremo che

$$\text{fra } \left\{ \begin{array}{l} \text{do e re} \\ \text{fa , sol} \\ \text{la , si} \end{array} \right\} \text{ v' intercede il rapporto } 8 : 9, \left\{ \begin{array}{l} 1 : \frac{9}{8} = 8 : 9 \\ \frac{4}{3} : \frac{3}{2} = 8 : 9 \\ \frac{5}{3} : \frac{15}{8} = 8 : 9 \end{array} \right.$$

$$\text{fra } \left\{ \begin{array}{l} \text{re , mi} \\ \text{sol , la} \end{array} \right\} \text{ v' intercede il rapporto } 9 : 10, \left\{ \begin{array}{l} \frac{9}{8} : \frac{5}{4} = 9 : 10 \\ \frac{3}{2} : \frac{5}{3} = 9 : 10 \end{array} \right.$$

$$\text{fra } \left\{ \begin{array}{l} \text{mi , fa} \\ \text{si , do} \end{array} \right\} \text{ v' intercede quello } 15 : 16, \left\{ \begin{array}{l} \frac{5}{4} : \frac{4}{3} = 15 : 16 \\ \frac{15}{8} : \frac{2}{1} = 15 : 16 \end{array} \right.$$

Il primo rapporto 8:9 è maggiore degli altri due ; quindi si dicono tuoni maggiori quelli che si riferiscono a questo rapporto. Quei che riferisconsi a 9:10 si dicono minori, e semituoni quelli che si rapportano a 15 : 16. In somma nella scala musicale abbiamo tre tuoni maggiori , due minori , e due semituoni , mettiamoli in prospetto.

Il rapporto , o intervallo $\frac{8}{9}$ si rapporta a' tuoni

$\frac{do}{re}$, $\frac{fa}{sol}$, $\frac{la}{si}$; maggiori

L'intervallo $\frac{9}{10}$ si rapporta a' tuoni

$\frac{re}{mi}$, $\frac{sol}{la}$; minori.

L'intervallo $\frac{15}{16}$ si rapporta a' tuoni

$\frac{mi}{fa}$, $\frac{si}{do}$; semituoni.

Con questo quadro si conosce subito che l'intervallo $\frac{do}{re}$ è una *seconda maggiore* , e l'intervallo $\frac{re}{mi}$ è una *seconda minore*.

Questo intervallo si è chiamato *secondo*, perchè il *do* primo suono si è rapportato immediatamente a *re* , e l'*re* al *mi*. Si chiamerebbe terzo , quarto , quinto , sesto , settimo ; se l' orecchio potesse intercalare 2, 3, 4, 5, 6, 7. suoni intermediarii. Così $\frac{re}{fa}$, $\frac{mi}{sol}$, $\frac{fa}{la}$ sono terze ,

$\frac{do}{mi}$, $\frac{re}{sol}$, $\frac{mi}{la}$ sono quarte.

Le terze alcune sono dette *maggiori* , ed altre *minori* ; le quarte alcune sono dette *semplici* , altre *superflue*. Le seste , le settime si possono dire egualmente *maggiori* , e *minori*.

Ora noi affia di far chiaramente comprendere che cosa esse siano , e come subito si possono conoscere , non farò che presentare al lettore il quadro seguente :

<i>Seconde</i>		<i>Terze</i>	<i>Quartine</i>
$\frac{ut}{re} = \frac{8}{9}$	mag.	$\frac{ut}{mi} = \frac{4}{5}$	$\frac{do}{fa} = \frac{3}{4}$ q. s.
$\frac{re}{mi} = \frac{9}{10}$	min.	$\frac{re}{fa} = \frac{27}{32}$	$\frac{re}{sol} = \frac{3}{4}$ q. s.
$\frac{mi}{fa} = \frac{15}{16}$	semit.	$\frac{mi}{sol} = \frac{5}{6}$	$\frac{mi}{la} = \frac{3}{4}$ q. s.
$\frac{fa}{sol} = \frac{8}{9}$	mag.	$\frac{fa}{la} = \frac{4}{5}$	$\frac{fa}{si} = \frac{32}{45}$ q. s.
$\frac{sol}{la} = \frac{9}{10}$	min.	$\frac{sol}{si} = \frac{4}{5}$	$\frac{sol}{do} = \frac{3}{4}$ q. s.
$\frac{la}{si} = \frac{8}{9}$	mag.	$\frac{la}{do} = \frac{5}{6}$	
$\frac{si}{do} = \frac{15}{16}$	semit.		
<i>Le quintine</i>	<i>Le sesine</i>	<i>Le settime</i>	<i>Le ottave</i>
$\frac{do}{sol} = \frac{2}{3}$	$\frac{do}{fa} = \frac{3}{5}$	$\frac{re}{do} = \frac{9}{16}$	$\frac{do}{do} = \frac{1}{2}$
$\frac{re}{la} = \frac{8}{10}$	$\frac{re}{si} = \frac{3}{5}$	$\frac{do}{si} = \frac{8}{15}$	
$\frac{mi}{si} = \frac{2}{3}$	$\frac{mi}{do} = \frac{5}{8}$		
$\frac{fa}{do} = \frac{2}{3}$			

Ciò posto la terza che in se comprende due tuoni come $\frac{do}{mi}$, $\frac{fa}{la}$, $\frac{sol}{si}$, è maggiore, se fra il primo suono e l' terzo vi sono de' tuoni maggiori; così fra *do* e *mi* vi sono i tuoni $\frac{do}{re} = \frac{8}{9}$, e $\frac{re}{mi} = \frac{9}{10}$. Si dirà poi minore, quando ha luogo un semituono, così $\frac{mi}{sol}$, $\frac{re}{fa}$, $\frac{la}{si}$ sono tutte terze minori, perchè per es. fra *mi* e *sol* v' ha il tuono $\frac{fa}{sol} = \frac{8}{9}$, e l' semituono $\frac{mi}{fa} = \frac{15}{16}$.

Si chiamano quarte semplici $\frac{do}{fa}$, $\frac{re}{sol}$, $\frac{mi}{la}$, $\frac{sol}{do}$, e sono formate di due tuoni, e d' un semituono; così fra *do* e *fa* vi sono i tuoni $\frac{do}{re}$, $\frac{re}{mi}$, e l' semituono $\frac{mi}{fa}$.

Si chiama quarta superflua $\frac{fa}{si}$, e comprende tre tuoni.

Le quinte sono composte di tre tuoni, e d' un semituono.

Le seste si dicono minori se sono composte di tre tuoni, e d' un semi-tuono, come è $\frac{mi}{do}$, si dicono maggiori quando contengono quattro tuoni, ed un semituono come $\frac{do}{la}$.

La settima minore è composta di quattro tuoni, e di due semi-tuoni come $\frac{re}{do}$. La maggiore poi risulta da cinque tuoni, e da un semi-tuono come $\frac{do}{si}$.

L' ottava finalmente è composta di cinque tuoni, e di due semi-tuoni.

Ogni suono può accrescersi d' un mezzo tuono, o può diminuirsi; nel primo caso si hanno i diesis, e nel secondo i bemolli. È da avvertirsi quì che i Diesis, ed i Bemolli non abbisognano d' un egual numero di vibrazioni, come risulta dalle osservazioni fatte sul sonometro, onde poter essere (uno di essi per es.) diesis di un tuono,

e bemelle di quello che immediatamente siegue. Per questo riflesso l'armonia resterebbe notabilmente offesa; ma è stato adoperato un termine medio chiamato *temperamento*, e di cui non ne parleremo affatto.

Questo temperamento non è di verun uso negli istrumenti, che si dicono liberi come il violino, i bassi . . . perchè il suonatore guidato dal sentimento della melodia trova sul manico di quegl'istrumenti la convenevole posizione delle dita.

96. A questo luogo cape di rapportare una famosa esperienza fatta da Tartini; cioè se si facciano suonare contemporaneamente due suoni forti, giusti, e sostenuti e che siano fra loro nel rapporto di 2 a 3, di 8 a 9. . . cosicchè dassero una dissonanza, ne risulta un suono *grave*, e che Tartini v'avvide d'esser la doppia ottava alta di questa dissonanza.

Ciò non è che una proprietà ragguardevole delle vibrazioni, una conseguenza de' moti vibratorj. Sappiamo difatti che dal numero delle vibrazioni vien determinato il suono che l'orecchio ci trasmette. Ora vi potranno essere istanti in cui le vibrazioni relative a due suoni colpiranno contemporaneamente il nostro organo uditorio; è in questi istanti che si forma la doppia ottava alta, che abbiamo detto poco prima.

97. De' suoni armonici.

Se si passa su di una corda un archetto, si sente oltre del suono fondamentale della corda, una infinità di tuoni relativi specialmente da chi è dotato d'un orecchio delicato. L'ordine che sogliono seguire ordinariamente è, se il tuono fondamentale è *do* ed espresso da 1. il *sol* dell'ottava alta (3), poi il *mi* della doppia ottava (5). Si sente altresì l'ottava (2), come pure la doppia ottava (4) del suono principale. Si avrà dunque la serie 1, 2, 3, 4, 5. . . che rappresenta i diversi suoni sensibili all'orecchio, e da' quali risulta l'armonia d'un sol suono, detti perciò armonici di questo. Tutti questi suoni armonici poi vengono eseguiti da certe vibrazioni, parziali, cui soffre la corda, oltre della vibrazione totale: in modo che ogni corda che oscilla presenta la seguente figura (fig. 35).

Se ACB, ADB sono le vibrazioni totali gli archi Ao, op, pq, qB saranno le parziali; questi si dicono ancora

ventri o *pance* ed i punti *o*, *p*, *q*, chiamansi *nodi*. Sauveur per convincersi di ciò metteva cavalcioni sulla corda varj pezzetti di *carta*, de' quali quelli che erano situati nelle pance saltavano quando la corda era pizzicata, e quelli altri che si trovavano sui nodi restavano *fissi*, e 'l fenomeno si rendeva visibilissimo, allorchè si adoperavano pezzetti di due specie di colore, i bianchi per es.: si disponevano su' *ventri*, ed i rossi su' *nodi*; nelle oscillazioni i primi saltavano, mentre i secondi restavano al di loro posto.

98. *Superficie vibranti.*

Quello che Sauveur osservò nelle corde tese, vide pure nelle superficie vibranti. Cioè se sopra di queste si sparge uniformemente della polvere finissima, e quindi su di una loro estremità si strisci un arco, i grani di quella polvere si disporranno lungo i nodi che s'andranno a formare su quelle superficie, venendo così obbligati dal moto vibratorio ad abbandonare le proprie situazioni. Noi rapporteremo quì solamente alcuni esempj, non potendo tener dietro a teorie cotanto delicate, e che hanno costituita la gloria del Chladni, e del Sauveur.

Consideriamo i casi i più semplici. Sia data una superficie quadra, e fissata nel suo centro. Se si fa vibrare in uno de' suoi angoli, si otterrà un suono grave, e la polvere si disporrà come nella *fig.* 36. Se si fa poi vibrare nel mezzo d'una delle sue estremità, si disporrà come nella *fig.* 37. Se si fa cambiare il punto ove la lastra è fissata, e sia in *a*, la polvere si porrà come nella *fig.* 38. Se si ottengono con altri contatti novelli nodi, si avrà la forma variatissima, *fig.* 39. Se ne possono avere infinite altre, e tutte determinate da' punti ove la superficie è fissata, da' punti ove si fa vibrare, e da' tuoni ove si vogliono cacciare. (Vedete Haüy, Fisica).

Nel caso che la superficie è circolare di 4 o di 6 pollici di diametro, e sia fissata nel centro, si avranno ancora delle forme singolarissime provenienti dalla polvere, come sarebbe quella rappresentata dalla *fig.* 40.

Se il punto fisso non fosse nel centro, ma in un altro luogo, le forme sarebbero sempre più maravigliose, come la *fig.* 41.

» Egli è rimarchevolissimo in queste sorte d'esperienze che se oltre della polvere grossa, e pesante su tali

lastre, e che va a prendere tali figure, se ne trova un'altra molto più sottile, questa andrebbe a prendere altre forme, e soprattutto s'andrebbe ad ammassare in picciole quantità ne' centri delle divisioni tracciate dalla polvere pesante.

Voglio finalmente ricordare al Lettore un esperimento de' più mirabili che in questo genere si possono ottenere. Se si prende una grande superficie circolare di rame, e fissata nel suo centro, e si tocca la sua estremità con un archetto, egualmente che si tocca la grossa corda d'un centro basso, alternativamente ora in un senso, ed ora in un altro, si riuscirà a mettere in movimento la polvere fina in modo da produrre una specie di corrente rapida, e circolare situata a circa 18 linee lungi dalla suddetta estremità, mentre che un'altra corrente appena visibile e formata da particelle più tenui girerà con rapidità celere egualmente che la prima, ma in senso opposto, e quasi vicino all'estremità della superficie.

Null'altro dirò di questi esperimenti, perchè uscirai sicuramente da' limiti che si debbono assegnare agli elementi di fisica.

Propagazione del suono.

Noi abbiain detto che il suono si propaga, ossia si trasmette a traverso de' corpi solidi, de' liquidi, e dei fluidi aeriformi, e soprattutto dell'aria in mezzo alla quale noi viviamo, i suoni si producono, e si fanno da noi ascoltare. Di questo fatto noi non abbiamo studiato il meccanismo, ossia la maniera secondo la quale il suono si trasmette, e si propaga ne' corpi solidi e ne' liquidi; e come deve propagarsi ne' fluidi aeriformi.

Noi di tutto questo ne diremo tanto quanto basta ad appagare la nostra curiosità, ed a soddisfare il nostro spirito.

Per acquistare un'idea come il suono si possa propagare ne' corpi solidi, osservate ciocchè debba avvenire quando, poste più palle d'avorio l'una in contatto con l'altra longitudinalmente, una di esse collocata nell'estremità è percossa. Si vedrà che la palla situata all'altra estremità è la sola che sembra d'aver concepito il movimento, e che le altre intermedie non abbiano che ri-

cevuato , e contemporaneamente comunicata la percossa , fino a comparire nello stato di riposo.

Possiamo supporre avvenire l'istesso nella propagazione del suono attraverso i corpi solidi ; se si considera uno di questi come colpito ad una estremità , questa ossia le sue particelle concepiranno un movimento ; lo comunicheranno tutto alle parti vicine , queste alle seguenti , e così di seguito fino a che si propaga lungo tutta l'estensione. Le particelle situate nell'altra estremità sono le sole che additeranno il movimento e produrranno il suono. Se dietro il primo colpo voi aggiungete il secondo , quest'altro anche sarà propagato , e dovendosi ammettere degl'intervalli fra le vibrazioni che portano il primo colpo , e fra quelle che trasmettono il secondo , ossia fra le parti che sono in vibrazioni per trasmettere il primo , e fra quelle che lo sono per trasmettere il secondo , questi intervalli si chiamano *onde sonore* ne' corpi solidi. Null'altro dirò dei suoni trasmessi per i corpi solidi , avendone altrove additata la celerità grande che essi hanno al di sopra di quella dell'aria.

Se il suono si propaga attraverso de' liquidi , ciò ben dimostra che questi sono suscettibili di vibrazioni ; ma attesa la mobilità delle di loro particelle , ben ci deve far argomentare , che essi non si possono mettere in vibrazioni se non al contatto del corpo che è attualmente in vibrazioni.

Posta questa osservazione si potrà applicare ciocchè si è detto per la propagazione del suono attraverso i corpi solidi a quella che avviene per i corpi liquidi. Aggiungerò a quest'ultima propagazione solamente , che è molto più veloce di quella che avviene nell'aria. Questa velocità ne' varj liquidi è determinata da una formola algebrica , il di cui valore dipende dalla densità , e dalla compressibilità del liquido in quistione. È poco tempo scorso da che Colladon , e Sturm la verificarono con delle ripetute esperienze. Il primo ha rinvenuto con quelle praticate nel lago di Ginevra che la velocità del suono è alla temperatura 8.° , di 1435 metri per ogni secondo. Ma Colladon avendo considerato nel calcolo , ch'egli aveva somministrato un tale numero , e la densità dell'acqua del lago alla suddetta temperatura , e la compressi-

bilità determinata dall' esperienza , egli si ridusse ad ammettere per ogni secondo non più che 1428 metri.

L' ultima propagazione ossia quella che avviene per l' aria è la più difficile a conoscersi , e ad apprendersi attese le tante osservazioni che ci possono aver luogo. Io però mi sforzerò di semplificare per quanto posso quest' articolo , mettendo da banda le sublimi teorie emesse per questo oggetto , e ritenendone solamente i risultati , e comprovandoli colle osservazioni , e coll' esperienze.

Concepiamo che avvenga il suono in un corpo ; egli è certo che 'l suono si sentirà intorno intorno del corpo fino ad una data distanza. Si potrà dunque dire.

1.^o Che l' aria mossa dal suono non formi che una sfera , il di cui centro non è che il punto da cui il suono è stato emesso.

2.^o Questa sfera si può da noi concepire come divisa in tanti strati sottilissimi , formati dalle particelle dell' aria che sono egualmente distanti dal centro della sfera. Si avrà dunque ciocchè rappresenta la *fig. 42*.

3.^o Se inoltre dal centro A si tirano , o si concepiscono tirati de' raggi alle circonferenze degli strati , si avranno così infiniti coni sottilissimi , e d' una lunghezza indefinita. Ciascuno di questi coni si dice propriamente raggio sonoro.

4.^o In ciascuno di questi coni si possono concepire pance , e nodi , come noi le abbiamo veduto nelle corde vibranti , e come Daniele Bernulli si è assicurato avvenire lo stesso nell' aria che fa le sue vibrazioni in un tubo conico. Dunque dividendo questi coni in tanti coni tronchi *Agf* , *gfde* , *deBC* . . . eguali in lunghezza , ciascuna di questi coni (eccettuato il primo) avrà due pance alle sue basi , ed un nodo situato nel suo mezzo. Questi coni chiameremo *concamerazioni* secondo Bernulli.

Posto ciò spieghiamo i fenomeni della propagazione del suono.

1.^o *Fenomeno*. Il suono a noi perviene dopo qualche tempo.
Spiegazione. Quando si emette il suono , e 'l corpo entra in vibrazioni , la prima concamerazione è quella che riceve la scossa ; ed allorchè dessa avrà fatta una oscillazione , comincerà a scuotere l' aria della seconda concamerazione , e così di seguito.

2.^o *Fenomeno*. Il suono percorre con velocità uniforme.

Questo fatto osservato la prima volta dagli Accademici del Cimento fu verificato dal Dottor Derham, lo sparo di un cannone situato alla distanza d'un miglio giungeva al suo orecchio nello spazio di 9. mezzi secondi ed $\frac{1}{4}$; alla distanza di due miglia nello spazio di 18 mezzi secondi, e $\frac{1}{2}$. Alla distanza di tre miglia nell'intervallo di 27 e $\frac{3}{4}$ e così di seguito.

Spiegazione. Questo fatto non si potrebbe spiegare, se non coll'ammettere che le concamerazioni sono eguali in lunghezza, e che le oscillazioni, le quali in ciascuna di quelle avvengono, debbono effettuarsi nel medesimo tempo, cioè debbono essere isocrone.

3.^o *Fenomeno.* Tutt' i suoni acuti o gravi, forti o deboli hanno una eguale velocità. Derham sentiva nel medesimo istante sì lo sparo d'un cannone, che i colpi d'un martello situati amendue ad una distanza eguale: e Biot si è di ciò assicurato dietro di non poche esperienze istituite a tal' uopo.

Spiegazione. Noi sappiamo che l' tuono emesso da un tubo è lo stesso qualunque sia la forza del flato che mette l' aria in vibrazioni, purchè l' apertura delle labbra resti la stessa; e perciò si debbono avere le stesse, e la durata delle vibrazioni, e la lunghezza delle concamerazioni per un suono forte o debole. Se finalmente si parla de' suoni gravi ed acuti, come sarebbe il *do*, e la sua ottava, e che abbiamo detto pervenire contemporaneamente al nostro orecchio; la teoria ci ha insegnato che le concamerazioni relative al suono acuto sono per la metà più corte di quelle corrispondenti al suono grave, e per conseguenza le prime debbono essere d'un numero doppio di quelle del secondo suono. Ma le oscillazioni dell' aria terminano pel suono acuto in un tempo minore della metà; dunque esse oscillazioni tanto negli strati doppi di numero e relativi al suono acuto, quanto negli strati relativi al suono grave, si eseguiranno tutte nel medesimo tempo, e quindi il suono che esse propagano avrà la medesima velocità.

4.^o *Fenomeno.* Il suono è per noi tanto meno sentito, quanto più ci allontaniamo dal corpo da cui si emette,

Spiegazione. Se noi comunichiamo una stessa forza a più corpi di diversa massa, le quantità di moto o gli effetti che ne risultano, sono diversi, e più deboli, quelli che hanno moltissima massa. Così una è la forza che fa il corpo sonoro allorchè vibra; ma questa forza passando nelle varie concamerazioni tanto differenti fra loro per quel che sia massa, le oscillazioni debbono essere proporzionalmente ancora differenti; e quindi ad onta che l'isocronismo ancora sussista per sempre, pure le oscillazioni saranno intensissime nelle più vicine al centro, le più deboli nelle ultime. . . . Quando la distanza è tale che le concamerazioni addiungono grandissime, in modo che le oscillazioni non possono produrre dal suono in esse, allora il suono non più si ascolterà affatto.

5.° *Fenomeno*, ed ultimo. Più suoni prodotti nel medesimo tempo, ad onta che diversificassero fra loro, pure non si confondono mai, allorchè vanno a propiarsi nell'aria.

Spiegazione. Di passaggio dissi altrove che Mairan aveva escogitata per questo fenomeno una ipotesi, cioè che l'aria era composta di particelle diversissime tra loro nella grandezza, e che ciascuna di esse era capace di ricevere, e di trasmettere le vibrazioni relative ad un suono particolare. Poichè Mairan voleva spiegare l'oscuro per quello che non esiste, così la sua opinione totalmente abbandonata, ci siamo rivolti alle seguenti osservazioni onde potere in qualche modo dare spiegazione al suddivisato fenomeno.

Supponiamo di avere due linee ac , e bc (*fig. 43.*) rappresentanti le direzioni de' due raggi sonori che s'incontrano nel punto c « e che mc , hc misurino l'estensioni » delle piccole oscillazioni che accadono in vicinanza » d'un punto di concorso. I moti dipendenti da queste » oscillazioni si compongono nel medesimo punto, sicchè » il moto unico che ne risulta, si trasporta sulle mole- » cole situate immediatamente sotto c ; e vi produce altre » oscillazioni nella direzione della diagonale cr d'un pic- » colo parallelogrammo $cars$ determinato dalle linee cn , » e cs situati sui prolungamenti delle linee hc , e mc » ed eguali a quest'ultime. Intanto le oscillazioni in dia- » gonale si sciolgono nel punto r in due moti, i quali

» producono un effetto tale , che le molecole situate sulla
 » linea rt , ru parallele una a bc e l'altra a ca , sono
 » incitate esse pure a fare qualche piccola oscillazione eguale
 » alle prime , e nella direzione delle medesime linee rt ,
 » ru . Ma essendo infinitesimo lo spazio in cui si eseguiscano
 » tutti questi moti le linee rt , ru sono visibilmente sulle
 » stesse direzioni di bc , e di ac . Sicchè le oscillazioni che
 » accadono sulla direzione di queste ultime linee , si sup-
 » pone che nel prolungarsi si propagano al di là del punto
 » c di concorso. Così le risultanti di tutt' i piccoli moti
 » decomposti, possono considerarsi come linee infinitesime,
 » o semplici punti , i quali non fanno che trasmettere
 » questi moti senza alternar la direzione » (Annotazioni a
 Hany fisica).

Il termine della teoria del suono stabilisce quello del libro secondo della nostra fisica , ed in esse si sono svolte.

1.° Le proprietà appartenenti a' corpi solidi.

2.° Quelle appartenenti a' corpi liquidi , e specialmente all'acqua.

3.° Quelle riguardanti i fluidi elastici permanenti , e soprattutto l'aria.

E questa riconosciuta come necessaria alla combustione , alla respirazione , ed al suono ha formato gli ultimi trattati relativi a tali teorie.

FINE DEL LIBRO SECONDO.

INDICE

DELLE MATERIE TRATTATE IN QUESTO PRIMO VOLUME.

NOZIONI PRELIMINARI ALLO STUDIO DELLA FISICA	Pag. 3
IDEA GENERALE DELLA MATERIA E DELLA FORZA . . .	ivi
<i>De' varii stati, sotto de' quali la Materia si mostra in tutti gli Esseri che compone . . .</i>	<i>9</i>
<i>Delle proprietà della materia in generale . . .</i>	<i>11</i>
<i>Dello spazio in generale</i>	<i>13</i>
<i>Nozioni sulla scienza fisica propriamente detta. .</i>	<i>16</i>

LIBRO PRIMO

DELLE PROPRIETÀ DELLA MATERIA IN GENERALE. . .	20
<i>Dell' estensione</i>	<i>ivi</i>
<i>Della divisibilità.</i>	<i>22</i>
<i>Della porosità</i>	<i>25</i>
<i>Dell' impenetrabilità</i>	<i>27</i>
<i>Della mobilità, e dell' inerzia</i>	<i>29</i>
<i>Dell' attrazione in generale</i>	<i>31</i>
<i>Osservazioni generali riguardanti l' attrazione. .</i>	<i>33</i>
<i>Attrazione planetaria</i>	<i>37</i>
<i>Idea del gran meccanismo dell' universo . . .</i>	<i>ivi</i>
<i>Leggi astronomiche</i>	<i>40</i>
<i>Fenomeni dell' Attrazione terrestre</i>	<i>42</i>
<i>Composizione della gravità con altre forze . .</i>	<i>50</i>
<i>Del pendolo</i>	<i>52</i>
<i>Fenomeni dell' attrazione molecolare che appartengono allo studio della fisica</i>	<i>59</i>
<i>Conclusione</i>	<i>67</i>

LIBRO SECONDO

DELLA FISICA

<i>Studio di tutte le proprietà che alla materia com-</i> <i>petono, considerata principalmente nello stato</i> <i>solido, quindi nello stato liquido, e finalmente</i> <i>nello stato aeriforme</i>	<i>pag.</i>	68
<i>Nozioni preliminari</i>		ivi
RICERCHE SOPRA I CORPI SOLIDI		72
<i>Loro proprietà</i>		ivi
<i>Pesi specifici de' corpi solidi</i>		79
<i>Dilatazione de' corpi solidi; dei pirometri</i>		83
RICERCHE SOPRA I CORPI LIQUIDI O FLUIDI IN GENERALE.		86
<i>Loro proprietà</i>		ivi
<i>Dei termometri e di tutti quegli altri istrumenti</i> <i>capaci a dinotare i diversi gradi di tempe-</i> <i>ratura</i>		89
<i>Pesi specifici de' liquidi in generale. Areometri</i>		97
<i>Ricerche sopra dell'acqua considerata in tutti</i> <i>i suoi stati</i>		99
<i>Dell'acqua nello stato liquido</i>		ivi
<i>Dell'acqua nello stato di ghiaccio</i>		101
<i>Dell'acqua nello stato di vapore</i>		105
<i>Della evaporazione propriamente detta</i>		108
<i>Origine de' fonti e de' fiumi</i>		117
<i>Breve idea delle acque minerali</i>		119
<i>Evaporazione avvenuta in uno spazio limitato e</i> <i>costante</i>		120
<i>Della ebollizione</i>		124
<i>Osservazioni generali sulla formazione, e sulla</i> <i>natura de' vapori</i>		125
DE' GAS IN GENERALE E DELL' ARIA		129
<i>Dell'ossigeno</i>		130
<i>Dell'azoto</i>		131
<i>Dell'idrogeno</i>		ivi
<i>Del carbonio</i>		132
<i>Dell'aria atmosferica</i>		ivi
DE' BAROMETRI		135
<i>Misura delle altezze per mezzo del barometro</i>		138
<i>Altre scoperte dovute al barometro</i>		143

	189
<i>Dell' elasticità dell' aria</i>	pag. 145
<i>Pesi specifici dell' aria , e de' gas</i>	151
<i>Dilatazione dell' aria e de' gas</i>	152
<i>Resistenza dell' aria</i>	156
<i>Della combustione</i>	157
<i>Della respirazione , e del calore animale</i>	159
TEORIA DEL SUONO OSSIA SCIENZA DELL' ACUSTICA.	162
<i>Nozioni generali</i>	ivi
<i>De' suoni riflessi</i>	169
<i>Corde vibranti « suoni comparati</i>	171
<i>De' suoni armonici</i>	178
<i>Propagazione del suono</i>	180

Fine dell' Indice di questo primo volume.

SBN 608583



ERRORI

CORREZIONI

Pag. lin.

12	3	che tutt' i corpi formati	che tutt' i corpi erano for- mati
15	28	incoercibili, eterni	Incoercibili, eterei
40	5	L' astronomia	L' astronomo
48	18	$\frac{T(F+1)}{2} \cdot \frac{\nu}{t}$	$\frac{T(T+t)}{2} \cdot \frac{\nu}{t}$
52	4	le sue vibrazioni,	le sue oscillazioni,
101	32	termometro anti- grado	termometro centigrado
103	5	ordine curvo	ordine nuovo
130	28	combinato coll' a- zoto	mescolato coll' azoto
139	14	i diversi strati α , b , γ ...	i diversi strati α , β , γ ...

Tav. II.

21.



Fig. 23.

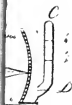
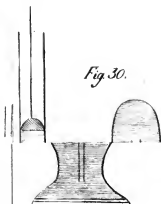
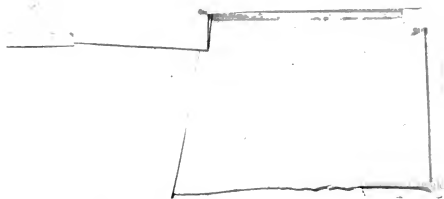


Fig. 30.





34

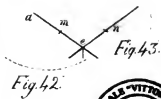
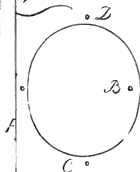


Fig. 43.



